



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN
HIDROPONÍA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) var.
crispa, EN INVERNADERO, DEPARTAMENTO DE
HORTICULTURA, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

LEMA PATIÑO DARWIN OMAR

RIOBAMBA- ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

El tribunal del trabajo de titulación certifica, que el trabajo de investigación titulado **“EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. *crispa*, EN INVERNADERO, DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, de responsabilidad del Sr. **DARWIN OMAR LEMA PATIÑO**, código 1956, ha sido revisado y constatado que se han realizado las correcciones pertinentes, quedando autorizado su presentación y la sustentación de la misma.

Tribunal de trabajo de titulación



Ing José Franklin Arcos Torres

Director



Ing Víctor Alberto Lindao Córdoba Ph.D.

Asesor

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **DARWIN OMAR LEMA PATIÑO**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

Riobamba. 07 Noviembre 2017



Darwin Omar Lema Patiño

CC. 0604937227

DEDICATORIA

A Dios, por haber permitir cumplir este tan ansiado logro para mi vida, también por guiarme y estar conmigo, cuidándome y dándome fortaleza, para superar todos y cada uno de los obstáculos de la vida.

A mi Padre FLORESMILO GALO LEMA CHANGA y a mi madre ERMELINDA CLAUDINA PATIÑO MARTÍNEZ, a quienes respeto y admiró tanto, ya que son el ejemplo de trabajo y lucha constante, dedico este trabajo por brindarme siempre su cariño y comprensión ya que fueron los pilares fundamentales para culminar mi carrera profesional gracias por su apoyo a lo largo de mi vida, por velar mi bienestar y educación, y por depositar su entera confianza en cada reto que se me ha presentado lo cual me incentiva a superarme cada día.

A mi querida abuelita MARÍA CONCEPCIÓN CHANGA que siempre me dio el aliento de seguir adelante gracias por su, amor, apoyo y comprensión.

A mis hermanos LUIS, NAPOLEON,, MARIANA, ALBA, MÓNICA, GLENDA, a mis sobrinos, ALEJANDRO, JOSELYN, KEYCI, KERLY, MILAGROS, IVON, EIMY, YULIETT, quienes siempre me han brindado su apoyo y me han motivado a seguir adelante.

A todos mis tíos, que me brindaron su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

El mayor de los agradecimientos a Dios y a la Virgen María Auxiliadora, por colmarme de bendiciones y haberme dado una familia ejemplar, gracias por brindarme la oportunidad de vivir, por la salud y por todos los amigos que de una u otra manera aportaron un granito de arena a lo largo de mi periodo de estudios que han sido el soporte y apoyo fundamental para adquirir conocimientos.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE RECURSOS NATURALES, ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, por medio del cual eh adquirido sabios conocimientos eh innovadoras experiencias.

Al Tribunal de Tesis Ing Franklin Arcos, Director y al Ing. Víctor Lindao Ph.D. Asesor, por su desinteresada y generosa colaboración, por su amistad, confianza y apoyo para la realización y desarrollo de esta investigación, gracias por ser los guías y brindarme aliento al trabajo el cual culmino con un rotundo éxito.

A mis padres, por todo el apoyo y comprensión que me brindan en todo momento, por haberme dado la oportunidad de hacer una carrera universitaria, e inculcarme valores humanos, por enseñar a que siempre tengo que dar lo mejor de mí en todo lo que realizó.

A mis hermanos, sobrinos, tíos y mis primos, por el apoyo y motivación incondicional.

A mis queridos amigos y compañeros de clase, por el apoyo y motivación recibidos que siempre fueron el aliento para seguir adelante.

Al departamento de horticultura de la ESPOCH, por brindarme todo su apoyo y la oportunidad de adquirir conocimientos muy valiosos.

No quiero dejar de lado al Ing Juan Yanez, Ing. Andrea Guapi, Don Elías, Don Nelson, quienes siempre estuvieron pendientes de mi trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE CUADROS	ii
LISTA DE GRÁFICOS	iv
LISTA DE ANEXOS	v

CAPITULO

I.	TÍTULO.	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	46
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
VI.	CONCLUSIONES	83
VII.	RECOMENDACIONES	84
VIII.	RESUMEN	85
IX.	SUMARY	86
X.	BIBLIOGRAFÍA	87
XI.	ANEXOS	94

LISTA DE TABLAS

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Ventajas	7
2	Compatibilidad química para mezclar fertilizantes en seco y estanque	17
3	Solución concentrada A.	19
4	Solución concentrada B.	20
5	Solución de micronutrientes.	21
6	Solución Nutritiva la Molina (ppm)	23
7	Cantidad de ácidos y bases para ajustar el pH	32
8	Concentración en micro nutriente en los quelatos.	35
9	Situación mundial del cultivo de lechuga en diferentes países y regiones en 2011.	36
10	Clasificación botánica de la lechuga.	38
11	Valor nutricional de la lechuga en 100 gr de sustancia.	41
12	Plagas y enfermedades	43

LISTA DE CUADROS

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Características químicas del agua	48
	Soluciones nutritivas (ppm) para el cultivo de lechuga (<i>lactuca sativa L.</i>)	50
2	Var crispa. En el sistema NFT.	
3	Análisis de varianza	51
	Fuentes de fertilizantes que se utilizaron para preparar la solución nutritiva.	55
4		
5	Análisis de varianza para longitud de raíz 15 ddt	57
6	Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a 15 ddt	57
7	Análisis de varianza para longitud de raíz 30 ddt.	58
8	Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 30 ddt	59
9	Análisis de varianza para longitud de raíz 45 ddt	60
10	Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 45 ddt	61
11	Análisis de varianza para altura de las plantas a los 15 ddt	64
12	Análisis de varianza para altura de plantas a los 30 ddt	64
13	Prueba de Tukey al 5% para altura a los 30 ddt	65
14	Análisis de varianza para altura de plantas a los 45 ddt	66
15	Análisis de varianza para número de hojas a los 15 ddt	68
16	Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 15 ddt	68
17	Análisis de varianza para número de hojas a los 30 ddt	70
18	Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 30 ddt	70
19	Análisis de varianza para número de hojas a los 45 ddt	72
20	Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 45 ddt	72
21	Análisis de varianza para rendimiento (kg/Parcela neta)	76
22	Prueba de Tukey al 5% para rendimiento (kg/Pn)	76
23	Análisis de varianza para rendimiento (kg/ha)	78
24	Prueba de Tukey al 5% para rendimiento (kg/ha)	78
25	Relación beneficio/costo de las tres soluciones nutritivas	81
26	Rentabilidad de las tres soluciones nutritivas	81

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Longitud de raíz a los 15 ddt según la dosis de la solución nutritiva.	58
2	Longitud de raíz a los 30 ddt según la dosis de la solución nutritiva	59
3	Longitud de raíz a los 45 ddt según la dosis de la solución nutritiva	61
4	Curva de crecimiento de la raíz, según las soluciones nutritivas.	62
5	Altura de las plantas a los 30 ddt, según la dosis de la solución nutritiva	65
6	Curva de crecimiento de las plantas, según las soluciones nutritivas.	67
7	Número de hojas a los 15 ddt, según la dosis de la solución nutritiva	69
8	Número de hojas a los 30 ddt, según la dosis de la solución nutritiva	71
9	Número de hojas a los 45 ddt, según la dosis de la solución nutritiva	73
10	Curva del número de hojas de las plantas, según las soluciones nutritivas.	74
11	Rendimiento en (kg/parcela neta), según la solución nutritiva	77
12	Rendimiento en (kg/ha), según la dosis de la solución nutritiva	79
13	Relación beneficio/costo de las tres soluciones nutritivas.	81
14	Rentabilidad de las tres soluciones nutritivas.	82

LISTA DE ANEXOS

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Ubicación del ensayo	94
2	Esquema del ensayo y fotografía	95
3	Análisis de agua	96
4	pH de las soluciones nutritivas durante el ensayo	97
5	Conductividad eléctrica (CE) de las soluciones nutritivas durante el ensayo	97
6	Porcentaje de prendimiento a los 5 días después del trasplante.	97
7	Porcentaje de prendimiento a los 10 días después del trasplante.	97
8	Longitud de raíz a los 15 días después del trasplante	97
9	Longitud de raíz a los 30 días después del trasplante	98
10	Longitud de raíz a los 45 días después del trasplante	98
11	Altura de las planta a los 15 días después del trasplante	98
12	Altura de las planta a los 30 días después del trasplante	98
13	Altura de las plantas a los 45 días después del trasplante	99
14	Número de hojas de las planta a los 15 días después del trasplante	99
15	Número de hojas de las planta a los 30 días después del trasplante	99
16	Número de hojas de las planta a los 45 días después del trasplante	99
17	Días a la cosecha	100
18	Rendimiento por parcela neta	100
19	Rendimiento por hectárea	100
20	Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 33.3% de la solución nutritiva.	101
21	Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 66.6% de la solución nutritiva	103
22	Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 100 % de la solución nutritiva.	105
23	Temperatura y humedad relativa durante el ensayo del mes de abril en invernadero.	107
24	Temperatura y humedad relativa durante el ensayo del mes de Mayo en invernadero.	108

I. EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) var. *crispa*, EN INVERNADERO, DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

II. INTRODUCCIÓN

A. IMPORTANCIA

Según Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón (2004), menciona una considerable disminución de las áreas de tierras agrícolas y el incremento de la población, cambios en el clima, contaminación del agua en países en vías de desarrollo hace de la hidroponía una interesante alternativa de producción en zonas urbanas y peri-urbanas. Dentro del contexto de la llamada agricultura urbana, la hidroponía puede ser muy bien aplicada en las ciudades con tecnologías más sencillas y de bajo costo, principalmente en zonas de extrema pobreza, como una manera de incentivar el autoconsumo de hortalizas y de apoyar el ingreso familiar a través del autoempleo en las propias viviendas o en los centros comunales.

La primera producción efectiva a gran escala ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial, cuando la Marina de Guerra de los EEUU estableció unidades hidropónicas con sistemas de subirrigación en varias islas de los Océanos Pacífico y Atlántico. En los años 70, el cultivo en arena y otros sistemas florecieron y luego desaparecieron en los EEUU. En esta misma década se desarrolló en Dinamarca el sustrato conocido como la lana de roca («rockwool» en inglés) y el sistema NFT en Inglaterra.

Guanochanga & Betancourt (2010) citado por Cajo, (2016) menciona que en los años noventa se inició con el desarrollo de cultivo hidropónico en el Ecuador, aplicando las técnicas de otros países donde se ha difundido más esta tecnología, por lo cual los primeros experimentos estaban centradas en la utilización de cascajo, arena, cáscara de coco y de arroz como sustrato. La empresa GREENLAB que se encuentra ubicada en San Vicente-Pintag-Quito, está dedicada a la producción de lechuga hidropónica desde 1994, y tiene la capacidad de producir 90.000 lechugas al mes, donde el 50% de la producción es de lechuga de hoja variedad cressa, en un área de 7.000 m², de ellos el

80% es colocado en Supermaxi y el 20% restante se vende directamente a restaurantes y a distribuidores en Guayaquil.

La lechuga es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, dada su alta calidad culinaria como ensalada fresca. Perteneció a la familia de las Compuestas. Se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de cultivo, al aire libre, bajo invernadero, en suelo y también en hidroponía. Es la principal especie de hoja cultivada en el sistema "NFT", ya que es posible obtener lechugas de alta calidad en varias cosechas al año. (Méndez & Briones, 2007)

Según reportajes, los canales de riego de Chimborazo y Tungurahua tienen grandes cantidades de contaminación a través de heces fecales, donde se encuentran bacterias causantes de las enfermedades como el cáncer de estómago; por ello, como alternativa sería utilizar la agricultura hidropónica. (Soliz, 2014)

B. JUSTIFICACIÓN

Las áreas agrícolas son cada vez más reducidas, existe pérdida de fertilidad de los suelos por un manejo inadecuado de los mismos, mano de obra escasa, uso indiscriminado de plaguicidas, uso de aguas residuales, etc., ocasionando al agricultor pérdidas cada vez mayores lo que desmotiva al agricultor continuar trabajando en el campo. De esta manera nace el propósito de incentivar una agricultura intensiva, sustentable con la utilización de nuevas tecnologías como lo es la hidroponía la cual consiste en la dotación de soluciones nutritivas al cultivo, mismas que en nuestro medio no es de uso frecuente. Esto permitirá que los agricultores vean nuevas alternativas de producción y mejoren su rentabilidad económica mediante los sistemas hidropónicos, los que tienen ciertas ventajas como lo son el autoempleo familiar, productos con alta calidad nutricional, optimización del recurso agua y fertilizantes, reducción de los problemas fitosanitarios, mayor número de producto por metro cuadrado, mayores cosechas al año, etc.

La lechuga es considerado el cuarto vegetal de hoja más importante cultivado en hidroponía en casi todos los países del mundo, los motivos de su producción son por su alto valor nutricional, rico en vitaminas y minerales que son esenciales para la salud, es

considerado el principal alimento de comidas “gourmet”, su consumo en ensaladas. Además el ácido fólico presente en algunas variedades de lechuga es considerado anticancerígeno, por estos motivos se lo considera a esta hortaliza de muy buena rentabilidad para los agricultores.

Según Plan nacional del buen vivir, (2013), la transformación de la matriz productiva supone una interacción con la frontera científico-técnica, en la que se producen cambios estructurales que direccionan las formas tradicionales del proceso y la estructura productiva actual, hacia nuevas formas de producir que promueven la diversificación productiva en nuevos sectores, con mayor intensidad en conocimientos, bajo consideraciones de asimetrías tecnológicas entre países y con un rápido crecimiento de la demanda interna y externa que promueva el trabajo.

Articular la producción local/nacional, su distribución y su consumo a las necesidades nutricionales de la población, a fin de garantizar la disponibilidad y el acceso permanente a alimentos nutritivos, sanos, saludables y seguros, con pertinencia social, cultural y geográfica, contribuyendo con la garantía de la sostenibilidad y soberanía alimentarias.

Por lo tanto el trabajo de investigación que se realizó está acorde con lo indicado en el plan nacional del buen vivir, tanto en la generación de nuevas tecnologías para transferir a los agricultores y además los productos cultivados hidropónicamente ayudan a un consumo de alimentos sanos, saludables y seguros y de esta manera se contribuirá al Sumak Kawsay.

C. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa”, en invernadero, Departamento de horticultura, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2. **Objetivos Específicos**

- a. Determinar la mejor solución nutritiva para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var, Crispa bajo condiciones hidropónicas en invernadero.
- b. Analizar económicamente la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. HIDROPONÍA

La HIDROPONÍA (hidro = agua y ponos = trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo en agua. En este caso el suelo es remplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas al año. (Alvarado, Chávez, & Anna, 2001)

En este sistema el agua acarrea los nutrientes hasta la raíz de la planta, esto hace que las raíces no tengan que desarrollarse puesto que no tienen que recorrer espacios en busca de alimento como sucede con los cultivos en tierra. (Antillón, 2004)

Entre los sistemas agro-urbanos, destacan los hidropónicos por ofrecer un mayor potencial para atenuar la inseguridad alimentaria y el empobrecimiento en las ciudades. El crecimiento futuro de la hidroponía dependerá mucho del desarrollo de sistemas de producción que sean competitivos en costos con aquellos de la agricultura tradicional. (Alvarado, Chávez, & Anna, 2001)

1. Características de los productos hidropónicos

Los productos hidropónicos son mucho más saludables, todo ello sin la erosión del suelo o la contaminación de suministro de agua. En comparación con sus homólogos del suelo, las frutas, verduras y hierbas cultivadas con la técnica de hidroponía suelen ofrecer un aumento significativo del importe de las vitaminas y minerales que todos necesitamos para mantener una buena salud. Se ha dicho que los productos hidropónicos también tienen un sabor y apariencia superior, y que se mantienen frescos durante más tiempo. (Cultivos orgánicos o hidropónicos, 2015)

2. Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos

a. Ventajas.

Ventajas de la hidroponía según Cruz (2016):

- Permite aprovechar tierras o suelos no aptos para la agricultura tradicional.
- Menor consumo de agua 70% y fertilizantes. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- No contamina al ambiente.
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.
- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- El uso de agua potable o de pozo se usa un 70% menos de agua, garantizando que el cultivo hidropónico sea un producto libre de contaminación y de enfermedades.
- La técnica también puede ser usada con fines sociales para mejorarlos ingresos de la población menos favorecida al generar autoempleo en sus propios hogares y para mejorar la cantidad y la calidad de alimentación familiar.

“Tapia (1993) citado por Córdova (2005), considera como ventaja principal es la regulación de la nutrición de las plantas, debido a que bajo este sistema es posible tener un control completo y del mismo modo asegurar un suministro homogéneo de nutrientes, ajustable según el estado fenológico”.

Tabla 1. Otras ventajas presentados según Alvarado, Chávez, & Anna (2001).

Cultivo en tierra	Cultivo hidropónico
Número de plantas	
Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y la disponibilidad de la luz.	Limitado por la iluminación; es posible una mayor densidad de plantas, como resultado mayor cosecha por unidad de superficie.
Lechugas/m ² : 6 – 8	25 -30
Lechugas/Ha: 60,000 – 80,000	250,000 – 300,000
Docenas/Ha: 5,000 – 6,666	20,833 – 25,000
Preparación del suelo	
Barbecho, rastreo, surcado.	No existe preparación del suelo.
Malas Hierbas	
Gasto en el uso de herbicidas y labores culturales.	No existe y por lo tanto no hay gastos al respecto.
Enfermedades y parásitos del suelo	
Gran número de enfermedades del suelo por nematodos, insectos y otros organismos que podrían dañar la cosecha.	Existe menor cantidad de plagas y enfermedades que afecten a raíces y parte aérea.
Es necesaria la rotación de cultivos para evitar daños.	No se precisa la rotación de cultivos.
Agua	
Las plantas se ven sujetas a menudo a trastornos debidos a una pobre relación agua-suelo a la estructura del mismo y a una capacidad de retención baja.	No existe stress hídrico.
Las aguas salinas no pueden ser utilizadas, y el uso del agua es poco eficiente.	Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, y el apropiado empleo del agua reduce las perdidas por evaporación y se evita la percolación.

Fertilizantes	
Se aplica al voleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y presentando además considerables pérdidas por lavado, la cual alcanza en ocasiones desde un 50 a un 80%.	Se utiliza pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces; además existe poca pérdida por lavado.
Nutrición	
Muy variable; pueden aparecer deficiencias localizadas. A veces los nutrientes no son utilizados por las plantas debido a una mala estructura del terreno o a un pH inadecuado, del cual hay dificultad para muestreo y ajuste.	Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
Desbalance de nutrientes	
Una deficiencia nutricional o el efecto toxico de algunos elementos en exceso puede durar meses o años.	Este problema se soluciona en unos cuantos días.
Calidad del fruto	
A menudo existe deficiencia de Calcio y Potasio, lo que da lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme, con una gran capacidad de conservación.
Esterilización del medio	
Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo, proceso largo al menos dos o tres semanas.	Vapor, Fumigantes químicos con algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido clorhídrico o Hipoclorito de Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto.
Costos de producción	
Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.	Las labores se automatizan, y se reducen los gastos. No usan implementos agrícolas.

Sustratos	
Tierra.	Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
Mano de Obra	
Necesariamente se debe contar con conocimientos, asesoría.	No se necesita a pequeña escala, mano de obra calificada.

b. Desventajas

Según Barrios (2004), menciona como desventajas:

- El costo elevado de la infraestructura e instalaciones que configuran el sistema.
- El costo añadido que representa el mantenimiento de las instalaciones.
- La producción de residuos sólidos, a veces, difíciles de reciclar.
- La acumulación de drenajes cuando se riega con aguas de mala calidad.
- La contaminación de acuíferos cuando se practican vertidos improcedentes.
- El costo de las instalaciones y de la energía necesaria para reutilizar parte de los drenajes producidos.

Giaconi & Escaff, (1999), citado por Córdova (2005), considera que si aparece una enfermedad aparece por cualquier medio, se transmite y disemina rápidamente causando graves pérdidas.

3. Requerimientos del entorno de un cultivo hidropónico

Un cultivo hidropónico se puede realizar ya sea en el ámbito urbano, terrazas, patios, balcones incluso en el techo de las viviendas o en el ámbito rural en el empleo de invernaderos, todo esto conlleva a escoger una localización óptima y que cumplan características para su funcionamiento. (MC, 2013)

Pennigsfeld & Kurzmann, (1983) citado por Córdova, (2005), mencionan a los factores más importantes a tener en consideración son, la temperatura, luz, aporte de CO₂, pH, humedad y contenido de oxígeno en la zona de raíces.

a. Temperatura.

La temperatura afecta directamente las funciones de la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividades enzimáticas, etc. La temperatura óptima varía según las especies, pero casi siempre está comprendida entre 10° y 25°C. ("Oasis Easy Plant " s. f.)

Morgan, (1999), citado por Córdova, (2005), menciona que la lechuga crecerá en temperaturas nocturnas menores a 4°C pero en forma lenta, entonces se recomienda aumentar la temperatura a 8°C en condiciones de invernadero. Las temperaturas diurnas no son críticas y la ventilación en sistemas de campo cubiertos con malla e invernaderos debe proveer una temperatura entre los rangos de 12 a 21°C.

b. Luz.

Según el "Oasis Easy Plant", (s. f.) La energía solar es el factor ambiental más influyente sobre el crecimiento de las plantas, pues de ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es el proceso de conversión de la materia inorgánica en orgánica, constituyendo la base de todas las cadenas alimenticias de la tierra. La luz también interviene en los procesos de movimiento y formación de las plantas en los tropismos, la orientación, el alargamiento del tallo, la formación de pigmentos y la clorofila.

Según Alvarado, *et al.*, (2001), citado por Córdova, (2005), considera que es muy importante tener en cuenta la relación que existe con la solución nutritiva, debido a que ésta no debe tener contacto con la luz para que no exista la posibilidad de que se desarrollen algas que serán una competencia por los nutrientes con las plantas.

c. Aporte de CO₂.

Según el "Oasis Easy Plant", (s. f.), el CO₂ es el nutriente más importante de los cultivos, ya que contiene aproximadamente un 44 % de carbono y una cantidad similar de oxígeno. El aire es la única fuente de CO₂ para las plantas y su contenido no excede el 0,03 % (300 ppm). Se sabe que la velocidad de crecimiento de la planta decrece

considerablemente cuando la concentración mínima de CO₂ desciende por debajo de 300 ppm y además la mayoría de los cultivos producen mucho más cuando la concentración de CO₂ disponible excede de este nivel.

d. Humedad del ambiente.

Blancard, et al., (2005), citado por Lacarra & García, (2011), La humedad relativa conveniente para lechuga es del 60 al 80 %, aunque en determinados momentos agradece menos del 60 %. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

Según el "Oasis Easy Plant", (s. f.), menciona que la humedad ambiental afecta el metabolismo de la planta, ya que si la humedad es demasiado alta, por ejemplo, el intercambio gaseoso queda limitado y se reduce la transpiración y por consiguiente la absorción de nutrientes, y si es demasiado baja se cierran los estomas de la planta y se reduce la tasa de fotosíntesis. Una humedad relativa alta también tiene influencia sobre la presencia de enfermedades principalmente fungosas.

e. Oxigenación del sistema radicular.

Morgan, (2001), los ápices radicales tienen una gran demanda de energía para la producción y crecimiento celular, por lo tanto, son vulnerables a la carencia de oxígeno y más aún, si existe una carencia de oxígeno en las raíces apicales que están en crecimiento, puede existir una carencia de calcio, sobre todo en las partes, más nuevas de la planta, debido a que este elemento no se mueve rápido de las partes más viejas a las más nuevas de la planta.

Según Alvarado *et al.*, (2001), señala que las lechugas pueden crecer con concentraciones de al menos 4 ppm de oxígeno disuelto en la solución, ya que la carencia de éste detendrá el proceso de respiración teniendo como consecuencia un serio daño a la planta, es por esto que se recomienda mantener las concentraciones por encima de lo antes mencionado y como recomendación se señala 8 ppm. (Córdova, 2005)

Beltrano & Gimenez, (s. f.), la oxigenación se puede obtener por raíces formadas por encima de la solución y que trasladan oxígenos a las raíces sumergidas, que son morfológicamente diferentes y especializadas en la absorción de agua y nutrientes o se hace llegar a la raíz por aireación forzada (burbujeo de la solución).

f. El pH.

El pH de una solución es importante ya que controla la disponibilidad de sales de los fertilizantes, y se considera además como un pH óptimo de 5.8, para el crecimiento de la lechuga, aunque también es aceptable rangos entre 5.6 y 6.0. Las deficiencias de nutrientes pueden darse sobre o debajo del rango aceptable. (Brechtner, M., Both, A., Staff, C. s. f)

Si se mantienen rangos de pH, Morgan, (2000), señala que pueden existir manifestaciones de toxicidad en las plantas siempre y cuando la fuente de nitrógeno aplicada a la solución provenga del amonio, la que se puede controlar manteniendo un pH neutro, es decir cercano a 7.0, o cambiando la fuente de nitrógeno por fuentes nítricas. (Córdova, 2005)

4. Técnicas hidropónicas

Según Gilsanz, (2007), menciona que en los sistemas hidropónicos el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. En general estos sistemas requieren de un menor número de horas de trabajo que los sistemas convencionales de producción, ya que no sólo pueden automatizarse sino que además la naturaleza de las tareas es sensiblemente diferente en estos sistemas. Además en general las tareas son más livianas que en los sistemas convencionales. Estos sistemas presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, de todos modos esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento.

a. Cultivo en sustrato

HYDRO ENVIRONMENT, (s. f.), menciona que la técnica en sustrato consiste en producir en medios que ancle la raíz y den sostén a la planta manteniendo la humedad, drenaje, aireación y facilidad de adsorción de nutrientes en este último lo que nos interesa es que la planta puede tomar los nutrientes sin ninguna problema para su desarrollo.

Muchos de los métodos Hidropónicos actuales emplean algún tipo de medio, como grava, arenas, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, etc. de nominados sustrato., a los cuales se les añade una fórmula nutritiva disuelta en agua (solución nutritiva) que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta.

b. Raíz flotante

HYDRO-ENVIRONNMENT, (s. f.), considera que esta técnica de raíz flotante consiste en utilizar contenedores de cualquier tipo de material el cual no debe permitir el paso de luz protegido por una tapa con orificios encargada de sostener al cultivo permitiendo que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva, por lo cual no debemos olvidar que este sistema depende de la aireación la cual genera oxígeno esencial para la raíz esto se puede realizar de forma manual en la cual lo que hacemos en mover el agua utilizando cualquier objeto que esté limpio y automatizada utilizando una bomba de aire para peceras y un timer permitiendo programar los periodos de aireación.

Alvarado, Chávez, & Anna, (2001), mencionan que este sistema es muy utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos generalmente para producir cultivos de hoja, como diversas variedades de lechuga, albahaca, apio, menta, hierba buena, etc.

La presencia de raíces de color oscuro es un indicador de una mala oxigenación de la solución nutritiva y esto limita la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas.

c. Sistema NFT.

HYDRO-ENVIRONMENT, (s. f.), menciona que esta técnica de NFT consiste en crear una película re-circulante de solución nutritiva, como se logra esto, generalmente se utiliza tubos de PVC con tapas con pequeñas conexiones al final y al inicio para hacer correr el agua en todo el conjunto de tuberías que uno desee con una serie de conexiones buscando dirigir la corriente de agua hasta un depósito en el cual tendremos una bomba que hace circular la solución, en tanto la tubería debe tener orificios en los cuales se colocan las plantas y sostienen de tal manera que las raíces están en contacto con la película re-circulante de la solución nutritiva.

La electrobomba funciona continuamente durante 24 horas del día. Por los canales recorre una película o lamina de apenas 3 a 5 mm de la solución nutritiva. Como es un sistema cerrado, también se le conoce como sistema de recirculación continua. Este flujo continuo de solución nutritiva mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución, lo cual permite una buena oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales esenciales para las plantas.

1) Ventajas y desventajas del sistema NFT.

- Ventajas según Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004):

- Alta producción por unidad de área.
- Significativa reducción del consumo de agua y nutrientes.
- Rápido crecimiento de las plantas.
- Mayor número de cosechas al año.
- Mejor calidad y sanidad del producto cosechado.
- Requiere menos mano de obra.

- Desventajas según Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004):

- La inversión inicial para la instalación del sistema puede ser relativamente elevada, principalmente si existe una fuerte dependencia de la tecnología.

- Se requiere conocimiento técnico del sistema y del manejo agronómico del cultivo.
- La solución nutritiva puede contaminarse de bacterias u hongos por falta de un control sanitario; la diseminación es muy rápida y puede afectar toda la producción.
- Se requiere un control permanente y estricto de la solución nutritiva.
- Existen riesgos de pérdidas por falta de energía eléctrica.

2) Componentes del sistema.

Los principales componentes de un sistema NFT son: Tanque, electrobomba, tuberías de distribución, canales de cultivo, soportes de recolección o drenaje según Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004).

- El tanque.

Almacena la solución nutritiva y su capacidad dependerá del número de plantas que se pretende cultivar. Por ejemplo un tanque de 1000 litros puede servir para cultivar alrededor de 2500 lechugas, aunque siempre es preferible contar con un tanque de mayor volumen para tener un remanente de solución. Cualquier tanque o depósito usado para almacenar agua potable puede servir; es preferible los de fibra de vidrio o de plástico.

Es necesario que el tanque tenga protección contra los rayos solares para evitar el desarrollo de algas en la solución nutritiva. La tapa debe ser de fácil remoción y de facilitar la entrada de la parte final del tubo colector hacia el interior del tanque para que la solución nutritiva retorne con fuerza. La turbulencia generada es importante porque permite la oxigenación de la solución nutritiva.

- Electrobomba.

Tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo a través de las tuberías de distribución.

La potencia de la electrobomba dependerá del tamaño del área de producción. Una electrobomba de 0.5 HP es suficiente para una instalación de 100 m². En cada canal, el flujo de la solución debe ajustarse aproximadamente en 2 a 3 l/min. Este caudal es importante porque permite una adecuada aireación de la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y la absorción de agua y nutrientes. El funcionamiento de la electrobomba para los flujos intermitentes puede ser controlado a través de un reloj programador o timer.

- Tuberías de distribución.

Llevar la solución nutritiva hacia los canales de cultivo; sus diámetros y dimensiones dependerán del volumen de solución nutritiva que se transporte a través del sistema. Se prefiere que sean materiales como el PVC por su bajo costo, su fácil instalación y porque no se corroen.

- Canales de cultivo.

Sostienen a las plantas, y en su interior recorre la solución nutritiva y desarrolla el sistema radicular del cultivo. La longitud máxima recomendable por canal es 15 m, de lo contrario puede presentarse una insuficiente oxigenación de las raíces.

- Soportes de recolección o drenaje.

Recoge la solución nutritiva que circula por los canales y la lleva de retorno al tanque. Se coloca debajo de los canales del cultivo con una ligera pendiente con respecto al tanque, con la finalidad de facilitar el retorno de la solución nutritiva. La solución cae con fuerza al tanque, provocando una turbulencia, la cual es importante para oxigenarla. Para lograr una buena producción de plántulas, se debe considerar algunos factores como la variedad del cultivo, sustrato, clima, manejo de la solución nutritiva.

5. Nutrientes requeridos por las plantas

Alvarado, Chávez, & Anna, (2001), considera que la base de la hidroponía es la nutrición vegetal, por lo que cualquiera que intente emplear técnicas hidropónicas deberá tener suficientes conocimientos de las necesidades nutritivas de las plantas.

Es conveniente disponer de un programa de diagnóstico (en grandes plantaciones a nivel comercial) que nos permita conocer el nivel nutricional de la planta en cualquier momento, para así poder evitar los desequilibrios nutricionales que limitarían el crecimiento de la misma. El método ideal para diagnosticar alguna deficiencia de nutrientes es el análisis foliar una o dos veces por semana como medida preventiva, para así medir el nivel de cada uno de los elementos esenciales en los tejidos de las plantas y así poder corregir alguna deficiencia vía solución nutritiva.

6. Compatibilidad de los fertilizantes.

Tabla 2. Compatibilidad química para mezclar fertilizantes en seco y estanque según Arcos, (2013).

NITRATO DE AMONIO														
E	NITRATO DE CALCIO													
I	I	AMONIACO ANHIDRO												
E	I	L	SULFATO DE MAGNESIO HEPTAHIDRATADO											
I	E	L	E	UREA										
C	I	L	E	E	SULFATO DE AMONIO									
C	I	I	E	L	C	FOSFATO MONOAMONICO								
C	I	I	E	L	C	L	FOSFATO DIAMONICO							
C	I	I	E	L	C	C	C	FOSFATO MONOPOTASICO						
C	L	I	E	L	C	C	C	C	NITRATO DE POTASIO					
C	I	I	E	L	C	C	C	C	C	SULFATO DE POTASIO				
C	I	I	E	L	C	C	I	C	C	C	SULFATO DE MAGNESIO ANHIDRO			
E	L	I	E	L	L	L	L	L	L	L	NITRATO DE MAGNESIO			
L	I	P	I	E	E	E	E	E	E	E	E	ACIDO FOSFORICO		
L	L	P	I	P	P	L	L	L	L	I	I	L	L	ACIDO NITRICO
P	I	P	I	P	P	L	L	L	L	I	I	P	L	ACIDO SULFURICO
S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	P	P
AGUA														

C	Mezcla 100% compatible en seco y en estanque
I	Mezcla incompatible en seco y en estanque, no realizar
E	Mezcla compatible solo en estanque al momento de inyectar
L	Mezcla de compatibilidad limitada en seco y también en agua, usar cantidad limitada
P	Mezcla que genera calor, peligro, siempre aplicar ácidos al agua y no al revés
S	Cantidad soluble en agua limitada por punto saturación de la sal

Fuente: Román S. 2002. Libro Azul. Manual de fertirriego de SQM.

7. Relación nitrato/amonio

Según García et al., (2009), El nitrógeno es el cuarto elemento más abundante que se encuentra en el tejido vegetal después del carbono, oxígeno e hidrogeno, además éste es parte importante de un gran número de los constituyentes de las plantas, proteínas y clorofila, entre otros. Las plantas pueden aprovechar el nitrógeno en forma de NO_3^- o NH_4^+ , por lo que en hidroponía es posible utilizar nitrato y amonio en las soluciones nutritivas. Se ha argumentado que en cualquiera de las dos formas es benéfico o de igual forma puede causar desbalances nutrimentales en la solución nutritiva. Se ha demostrado que un adecuado balance entre el amonio y el nitrato es benéfico para el crecimiento de las plantas pero sólo bajo ciertas circunstancias y este efecto benéfico varía entre cultivos (Mengel y Kirkby, 1987).

En muchos cultivos se ha observado que la combinación de NO_3^- con bajas cantidades de NH_4^+ produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima probablemente difiere entre las distintas especies y podría cambiar con la edad de la planta (Haynes, 1986). Por otro lado, Mengel y Kirkby (1987) reportaron que muchas especies vegetales crecen mejor cuando el nitrógeno se suministra en forma de NO_3^- comparado con NH_4^+ .

El nitrógeno en forma NO_3^- es preferentemente absorbido por la mayoría de las plantas vasculares, mientras que la forma NH_4^+ resulta tóxica para muchas de ellas, incluso en bajas concentraciones cuando ésta es la única fuente de nitrógeno o en combinación con N-NO_3^- (Salsac et al., 1987).

Según Parra-Terraza, Salas-Núñez, Villarreal-Romero, Hernández-Verdugo, & Sánchez-Peña, (2010), Está documentado que varias especies de plantas pueden incrementar su crecimiento con aportes combinados de nitrato y de amonio comparado con cualquiera de las dos formas de nitrógeno por separado (Lips *et al.*, 1990; Errebhi y Wilcox, 1990), sin embargo, hay diferencias importantes entre especies y cultivares de plantas con respecto a la concentración de amonio en la relación nitrato/ amonio que puede ser tolerada (Claussen y Lenz, 1999). Steiner (1984), quien sugiere que no más del 10 % del contenido de nitrógeno total en la solución nutritiva debe ser aportado en forma de amonio.

8. Soluciones nutritivas madres.

Soluciones nutritivas, (s. f.), considera según el tipo de instalaciones y equipamientos disponibles para el riego existen dos formas de preparar las soluciones nutritivas: diluidas o concentradas.

Lo normal es concentrar las soluciones nutritivas 100 ó 200 veces. No debe de olvidarse la influencia que la temperatura tiene en estos aspectos. A las soluciones nutritivas concentradas se les suele denominar soluciones madres. Se pueden utilizar distintos números de tanques para contener estas soluciones.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), la solución nutritiva la Molina consta de dos soluciones concentradas denominadas A y B, respectivamente. La solución concentrada A contiene: N, P, K y Ca, y la solución concentrada B aporta Mg, S, Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo. A continuación se dan los pesos de los fertilizantes necesarios para preparar ambas soluciones concentradas.

1) Solución concentrada A

Tabla 3. Cantidad de fertilizantes para 5,0 litros de agua, volumen final.

Fertilizantes	Concentración %	Cantidad (g)
Nitrato de potasio	13.15 N - 45 K ₂ O	550
Nitrato de amonio	33 N	350
Superfosfato triple	45 P ₂ O ₅ – 20 CaO	180

2) Solución concentrada B**Tabla 4. Cantidad de fertilizantes para 2,0 litros de agua, volumen final.**

Fertilizantes	Concentración %	Cantidad (g)
Sulfato de magnesio	16 MgO – 13 S	220
Quelato de hierro	6 Fe	17
Solución de micronutrientes		0,4 L

Pesar por separado y con cuidado los fertilizantes en las cantidades indicadas:

a. Modo de preparación**Solución concentrada A**

- Agregar el nitrato de potasio en 3 litros de agua. Agitar hasta disolver totalmente.
- Añadir el nitrato de amonio sobre el nitrato de potasio disuelto, agitar bien la solución hasta su completa disolución.
- En otro recipiente, remojar el superfosfato triple en 0.2 litros de agua durante 1 hora.
- Echar el superfosfato triple remojado en un mortero y con la ayuda de un mazo, ablandar y deshacer el superfosfato triple agitando continuamente.
- Agitar bien el superfosfato triple y verter el sobrenadante sobre la solución de nitrato de potasio y de amonio. Lavar varias veces el superfosfato triple que queda en el recipiente. El lavado se vierte nuevamente sobre la solución de nitrato de potasio y de amonio. Luego de varios lavados (4 a 5 veces con muy poca agua), eliminar la arenilla que queda en el fondo del recipiente.
- Agregar hasta completar el volumen de 5 litros de solución concentrada A.

Solución concentrada B

- En un litro de agua agregar el sulfato de magnesio y agitar hasta que los cristales se hayan disuelto totalmente.

- Agregar 0.4 L ó 400 ml de la solución de micronutrientes y agitar.
- Agregar el quelato de Fe y remover asta disolverlo totalmente.
- Agregar agua hasta completar el volumen de dos litros de solución concentrada B.

Estas solución concentrada B, para mayor duración, guardar en un envase oscuro y en un lugar fresco.

Solución de micronutrientes

Tabla 5. Pesar por separado cada uno de los siguientes fertilizantes:

Micronutrientes	Cantidad (g)
Sulfato de Mg	5.0
Ácido bórico	3.0
Sulfato de Zinc	1.7
Sulfato de Cobre	1.0
Molibdato de amonio	0.2

Disolver en agua DESTILADA o HERVIDA uno por uno cada fertilizante en el orden indicado. Llevar a un volumen final de UN LITRO, esta se llamara solución concentrada de micronutrientes.

b. Modo de uso

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón (2004), las soluciones concentradas no se pueden aplicar directamente a las plantas. Para que los nutrientes estén disponibles en concentraciones adecuadas, solo se toman pequeños volúmenes para preparar la solución nutritiva.

Para preparar un litro de solución nutritiva, agitar previamente las soluciones A y B, añadir 5 mililitros (ml) de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B por litro de agua. Cada solución se agrega al agua por separado; primero la solución A y después la solución B.

9. Soluciones nutritivas

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, esta es la solución para ser asimiladas por las plantas, debiendo utilizar fertilizantes denominados calidad o grado de invernadero. Una calidad pobre del fertilizante contendrá siempre gran cantidad de impurezas (arcilla, arena y partículas de limo), las cuales pueden formar una capa sobre la zona radicular; dicha capa no solamente podrá impedir alcanzar esta zona a algunos nutrientes, sino que también obstruirá o taponeará las líneas de alimentación (Alvarado, Chávez, & Anna, 2001)

(Beltrano & Gimenez, s. f.), indica que una solución nutritiva es, por definición, una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el normal crecimiento de las plantas, totalmente disociados. El éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de dicha solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH. Es necesario conocer la calidad del agua a utilizar para la preparación de la solución nutritiva, debiendo chequearse previamente la cantidad de cationes presentes para verificar el grado de dureza de la misma.

a. Preparación de la solución nutritiva

Arcos (2013), el procedimiento empleado en una solución nutritiva es el siguiente:

- Elegir o establecer las fuentes.
- Conocer el grado o concentración de las fuentes
- Establecer la concentración deseada o el requerimiento del cultivo o planta.
- Dosificar primero los elementos limitantes
- Repetir el procedimiento anterior, hasta ir hallando la concentración deseada

b. Manejo de la solución nutritiva o control.

Como resultado de las diferencias de absorción de los diversos elementos, la composición de la solución de nutrientes cambiará continuamente siendo necesario

ejercer un control sobre ella como de la temperatura; Solubilidad, capacidad de las sales para disolverse en agua en un determinado tiempo; pH, Conductividad eléctrica dureza del agua.

Si se utiliza una concentración normal de nutrientes con agua dura, los niveles de calcio y magnesio serán tan altos que el nutriente estará des balanceado. Otro problema adicional con el bicarbonato es que es alcalino y cuando se encuentra en la solución nutritiva, el pH se incrementará por encima del rango recomendado. Solución nutritiva de la Molina en ppm

Tabla 6. Solución nutritiva la Molina (ppm).

ELEMENTO	HIDROPONÍA mg/L
N	190.0
P	35.0
K	210.0
Ca	150.0
Mg	45.0
S	70.0
Cu	0.1
Fe	1.0
Mn	0.5
Zn	0.2
B	0.5

Fuente: Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón (2004).

c. Elementos indispensables en las soluciones nutritivas

Navarro & Navarro, (2003); Taiz y Zeiger, (2006), citado por Lacarra & García, (2011), considera a parte de la energía solar, el CO₂ y el agua, la planta requiere diversos elementos minerales que le son imprescindibles para su desarrollo. Es así,

como en la literatura encontramos los “elementos o nutrientes esenciales”. Tres de ellos (C, H, O_2) son aportados del aire y agua, los trece restantes provienen de sustancias que se adicionan al sustrato o al agua del medio, para lo cual se debe mantener en un nivel suficiente y en condiciones asimilables, para que las plantas los puedan absorber en las cantidades que lo requieran. Estos son Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, hierro, cloro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, zinc.

1) Nitrógeno

Beltrano & Gimenez, (s. f.), es el elemento más abundante en las plantas luego del C, H y O. El N forma parte de las proteínas constituyendo el armazón de la estructura subcelular, y de diversos organoides como cloroplastos, mitocondrias y peroxisomas dónde ocurren numerosos procesos metabólicos.

El N es absorbido en forma de ión NO_3^- fundamentalmente, o como NH_4^+ , aunque también puede ser absorbido directamente como N_2 atmosférico por microorganismos (Rhizobium) que forman simbiosis en los nódulos de las raíces de algunas especies de leguminosas.

El contenido de N en las hojas oscila entre 2,5-6,0 % de la materia seca, variando con la especie, edad de la planta, tipo de tejido y estado nutricional del cultivo. Las plantas tienen escasas reservas móviles de compuestos nitrogenados, de manera que cuando la deficiencia aparece se manifiestan las carencias, frenando el crecimiento del vegetal. La absorción y asimilación de las dos formas de N promueve el equilibrio anión-catión en el interior de la planta favoreciendo el crecimiento vegetal.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), los síntomas de deficiencia reduce el crecimiento y las plantas, generalmente se vuelven amarillas (cloróticas) a causa de la pérdida de clorofila, especialmente de las hojas más viejas. Las hojas más jóvenes permanecen verdes más tiempo. El tallo, los peciolo y las superficies de las hojas del maíz y del tomate pueden volverse moradas.

Toxicidad de las plantas adquieren un color verde oscuro, con follaje abundante pero a menudo con un sistema de raíces muy reducido. Las papas solo forman pequeños tubérculos y se retarda la producción de flores y semillas.

2) Fósforo

Navarro & Navarro (2003); Resh (2006); Taiz y Zeiger, (2006), citado por Lacarra & García, (2011), participa en la constitución de ácidos nucleicos (ADN Y ARN), además cumple un rol en la transferencia y almacenaje de energía (ATP). Una adecuada cantidad da consistencia a los tejidos, favorece la floración, fecundación, fructificación y maduración, influye en la cantidad, peso y sanidad de semillas y frutos, favorece el desarrollo del sistema radicular, participa en la actividad funcional de la planta (fotosíntesis), es un factor de precocidad, es un elemento de calidad, haciendo las plantas más resistentes a plagas y enfermedades.

Su deficiencia se manifiesta primeramente en las hojas madura posteriormente una disminución de crecimiento, madurez retardada, poco desarrollo de granos y frutos, hojas color verde oscuro con puntas muertas, coloración rojo-purpura en zonas de follaje. El exceso de fósforo acelera la madurez, incrementa crecimiento de raíces.

3) Potasio

Beltrano & Gimenez, (s. f.), el K es un activador de procesos metabólicos, determinando que las cantidades necesarias a absorber de este ión sean elevadas. La rápida difusión de los iones K dan una elevada movilidad en la estructura sub-celular jugando un rol esencial en el proceso fotosintético y en la respiración. La actividad de las proteínas y otros coloides dependen del óptimo nivel de hidratación celular ejerciendo el K un rol preponderante en este proceso. Como es un elemento muy móvil en la planta se encuentran elevadas concentraciones del mismo en las hojas apicales y tejidos meristemáticos.

Los síntomas característicos de la carencia son observados en las hojas basales, con un amarillamiento en bordes y posterior necrosis conforme avance la carencia. Se observa un acortamiento de los entrenudos pudiendo llegar a producir defoliación de las hojas

viejas como ocurre en pimiento y tomate también puede inducir carencias de magnesio, cobre, zinc, manganeso y hierro.

4) Calcio

Navarro & Navarro, (2003); Resh, (2006); Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), constituye una parte esencial de la estructura de la parte celular y es indispensable para la división celular, favorece el crecimiento, da resistencia a los tejidos vegetales, desarrolla el sistema radicular, influye en la formación, tamaño y maduración de frutos.

Su deficiencia no es común, siendo los síntomas de esta la muerte de los puntos de crecimiento, coloración anormal oscura del follaje, caída prematura de brotes y flores y debilitamiento de los tallos.

Su exceso produce un aumento en el pH y dificulta la absorción de algunos elementos, como el potasio, boro, hierro y manganeso, y forma fosfatos insolubles con el fósforo.

5) Azufre

El S forma parte de los aminoácidos azufrados cisteína y metionina, y de las proteínas que los contienen. También forma parte de las vitaminas biotina y tiamina. Se encuentra en la coenzima A, compuesto esencial para la respiración y síntesis y degradación de los ácidos grasos. El etileno, la hormona de la maduración de los frutos, proviene de la metionina. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

Rusell & Wild, (1992); Navarro & Navarro, (2003); Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), el síntoma de deficiencia se identifica en las hojas jóvenes mediante el color verde claro o amarillento pudiendo algunas plantas verse afectadas los tejidos más viejos también, plantas pequeñas y alargadas, crecimiento retardado y retraso en la madurez, aumenta salinidad de los suelos.

Toxicidad existe una reducción en el crecimiento y tamaño de las hojas. Algunas veces las zonas entre los nervios se vuelven amarillas y acaban por secarse. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

6) Magnesio

Forma parte estructural de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de varias enzimas que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos. También es necesario para la actividad de enzimas que intervienen en la fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y ATP. Esencial para mantener la estructura de los ribosomas. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

Rusell & Wild, (1992); Navarro & Navarro, (2003); Taiz y Zeiger, (2006), citado por Lacarra & García, (2011), la deficiencia de magnesio provoca en la planta un clorosis invernal en las hojas adultas y necrosis en los márgenes, manteniéndose verde el área a lo largo del nervio central, los márgenes de las hojas se curvan hacia arriba produciendo grandes defoliaciones.

Russel & Wild, (1992) citado por Lacarra & García, (2011), es antagónico con el potasio, con lo que un abonado excesivo de este produce carencias de magnesio, aumenta el riesgo de salinización.

7) Hierro

Es esencial en la síntesis de clorofila. Forma parte de los citocromos, proteínas integrales de membrana que intervienen en el transporte de electrones en la fotosíntesis y respiración. Es constituyente de enzimas como la catalasa, citocromo oxidasa. Como ferredoxina interviene en la asimilación del nitrato, al participar en la reducción del nitrito a amoníaco. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), la deficiencia de hierro provoca una inhibición rápida de la formación de clorofila provocando una clorosis intervenal pronunciada, presentando primero en hojas jóvenes; en ciertas ocasiones es

seguida de una clorosis venal. En casos severos las hojas se ponen blancas, con lesiones necróticas.

8) Cloro

Es necesario para la fotosíntesis, donde actúa como activador de una enzima para producir oxígeno a partir de agua. Forma parte de la auxina ácido 4-cloroindol-3-acético (4-Cl-IAA), que es una hormona de crecimiento es esencial para la división celular en raíces y hojas. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

Navarro & Navarro, (2003) citado por Lacarra & García, (2011), la deficiencias provocan un crecimiento reducido de las hojas, marchitamiento y desarrollo de manchones cloróticos necróticos, las hojas adquieren color bronceado, las raíces disminuyen su longitud pero aumentan en grosor.

Toxicidad quemado de los bordes y extremos de las hojas y el desarrollo general es muy bajo. (Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón. 2004)

9) Manganeso

Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), activador de una o más enzimas en la síntesis de ácidos grasos, las enzimas responsables en la formación del ADN y ARN de las enzimas deshidrogenasa del ciclo de Krebs. Participa directamente en la fotosíntesis, en la formación de oxígeno desde el agua en la formación de clorofila.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), los síntomas iniciales a menudo son una clorosis de las zona entre las nervaduras de las hojas, tanto en jóvenes como en viejas, según la especie. Posteriormente pueden aparecer pequeños puntos necróticos y caída de las hojas.

Toxicidad a veces aparecen clorosis, existiendo una distribución irregular de la clorofila. Reducción en el crecimiento.

10) Boro

Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), tiene un papel no bien entendido en las plantas, ya que puede ser requerido para el transporte de carbohidratos en el floema.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004). Los síntomas de deficiencia varían según la especie. A menudo suelen morir los tallos y los meristemos apicales de la raíz. Los vértices de las raíces a menudo se ven descoloridos y se hinchan. Los tejidos suelen desintegrarse. Las hojas muestran síntomas variados, incluyendo el engrosamiento, brillantes, rizado, marchitez, y moteado clorótico.

Los síntomas de toxicidad son el amarillamiento de las puntas de las hojas, seguido por una necrosis progresiva, desde la zona basal hasta los márgenes y vértices.

11) Zinc

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), se requiere para la síntesis del aminoácido triptófano, el cual es precursor de la auxina ácido indolacético (IAA). También interviene en la síntesis de la clorofila. Muchas enzimas requieren zinc para su actividad.

Los síntomas de deficiencia es la reducción de la longitud de los entrenudos y tamaño de las hojas. Los bordes de las hojas se distorsionan algunas veces aparece una clorosis entre las nervaduras.

El exceso de Zinc produce clorosis férrica en las plantas.

12) Cobre

Russel & Wild, (1992); Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), considera que actúa como portador de electrón así como parte de ciertas enzimas. Está implicado en fotosíntesis y también en la oxidación del polifenol y la reductasa en compuestos de nitrato. Puede estar implicado en la fijación del nitrógeno.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), la deficiencia es rara en forma natural. Las hojas más jóvenes se vuelven comúnmente de color verde oscuro y se enrollan, frecuentemente aparece un moteado necrótico.

Toxicidad desarrollo reducido seguido por síntomas de clorosis férrica. Achaparramiento, se reduce la formación de ramas, engrosamiento anormal de la zona de las raíces.

13) Molibdeno

Russel & Wild, (1992); Taiz y Zeiger, (2006) citado por Lacarra & García, (2011), actúa como portador en la conversión del nitrato a amonio y es también esencial para la fijación de nitrógeno.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), síntomas de deficiencia a menudo se desarrolla una clorosis entre las nervaduras, primero en las hojas más viejas, y después, de forma progresiva, en las más jóvenes (semejante a la deficiencia de nitrógeno). A veces las hojas se ahuecan y aparecen quemaduras en sus bordes.

Toxicidad Se observa raramente. Las hojas de tomate se vuelven amarillo dorado.

d. Calidad del agua en la solución nutritiva

Alvarado, Chávez, & Anna, (2001), considera la calidad de agua es de gran importancia en los cultivos hidropónicos, antes de utilizar cualquier tipo de agua es necesario efectuar un análisis de esta. La dureza del agua es una medida del contenido de ión carbonato (HCO_3^-) y conforme aumenta ésta, el pH se incrementa y ciertos iones como el hierro quedan bloqueados reflejándose en el estado físico de las plantas. Desde el punto de vista de la concentración salina, no puede haber problemas con el uso del agua con valores inferiores a los 200 ppm (partes por millón) de las sales totales, puesto que estas concentraciones no poseen apreciación significativa en la solución nutritiva. Un contenido de cloruro sódico superior a las 50 ppm en el agua de riego no es aconsejable porque disminuye el ritmo de crecimiento de la planta. Algunas sustancias pueden

resultar tóxicas en determinadas proporciones como el cloro libre en cantidades superiores a las 2 ppm y el sodio en cantidad superior a 10 ppm.

Una vez que el nivel de cada uno de los iones haya sido determinado, deberemos añadir a la solución de nutrientes la diferencia que corresponda a la cantidad que deberá utilizarse de cada uno de ellos, siendo su concentración medida en ppm., milimolar (mM) y miliequivalente (meq/l).

e. pH en la solución nutritiva

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), menciona que el valor del pH de la solución nutritiva debe mantenerse entre 6,0 a 6,5. Si el pH de la solución está por encima de 7,5, puede presentarse en las plantas síntomas de deficiencia de hierro, boro, cobre, zinc y/o manganeso. Si el pH es muy ácido, puede presentarse deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y/o molibdeno. La práctica en el reconocimiento de la aparición de algún síntoma de deficiencia en la planta puede ayudar a corregir oportunamente la falta del elemento en la solución.

Si el pH en la solución nutritiva indica menos de 5,5, se debe agregar una base para elevarlo, por ejemplo hidróxido de potasio (KOH 1N). No es recomendable el hidróxido de sodio en la solución porque elevaría la concentración de sodio y esto podría ser perjudicial para las plantas. Si el pH está por encima de 7,0, para bajarlo se puede agregar un ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico o clorhídrico.

Se debe tener mucho cuidado al manipular los ácidos o bases fuertes, pues el contacto con la piel puede ocasionar serias quemaduras. Es importante usar guantes y lentes protectores para manipular estos productos. Siempre se debe agregar el ácido en el agua y nunca al revés.

Tabla 7. Cantidad de ácidos y bases para ajustar el pH

Compuesto	PM	Cantidad por Litro	concentración
Hidróxido de Potasio (KOH)	56,09	56,09 g	1 N*
Ácido Clorhídrico 37 % (HCL)	36,47	82,83 ml	1 N
Ácido Fosfórico 85 % (H ₃ PO ₄)	98,00	27,70 ml	1 N
Ácido Nítrico 65% (HNO ₃)	63,00	69,23 ml	1 N
Ácido Sulfúrico 85 % (H ₂ SO ₄)	98,09	31,36 ml	1 N

$$N = \text{normalidad} = \frac{\text{Número de equivalentes}}{\text{Volumen (L)}}$$

Para ajustar el pH a un rango óptimo se puede preparar soluciones diluidas de ácidos, por ejemplo, 20 ml de ácido fosfórico, ó 30 ml de ácido sulfúrico por litro de agua, y se agrega un ml por litro de solución nutritiva. El pH baja aproximadamente en un rango de 0,3 a 0,5. La lectura del pH es directa y se realiza con un pHmetro portátil previamente calibrado.

f. Conductividad eléctrica

Alvarado, Chávez, & Anna, (2001), considera la conductividad eléctrica (CE) es una medida de las sales disueltas en una solución. Al ser absorbidos los nutrientes por la planta, el nivel de CE disminuye ya que hay menos sales en la solución. A la vez, el CE de la solución aumenta cuando se retira agua de la solución mediante los procesos de evaporación y transpiración. Si la CE de la solución aumenta, esta puede ser disminuida agregando agua pura, por ejemplo agua de osmosis reducida). Si la CE disminuye, esta puede ser aumentada añadiendo una pequeña cantidad de solución nutriente concentrada. Ajuste recomendado: 1150 – 1250 microS cm⁻¹.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004) considera un rango óptimo de CE está entre 1,5 a 2,0 mS/cm. Es muy importante contar con agua de buena calidad para preparar la solución; aquellas aguas con valores de CE menores a 1,0 mS/cm son adecuadas. Para medir la CE se toma una muestra de solución nutritiva del tanque; la lectura es directa y se realiza con un conductímetro portátil previamente calibrado.

g. Oxigenación del agua.

La medida de oxígeno disuelto (OD) indica la cantidad de oxígeno disponible en la solución nutritiva del estanque para las raíces llevar a cabo la respiración. La lechuga crece satisfactoriamente, en un nivel de OD de por lo menos 4 ppm. Si no se añade oxígeno al estanque, los niveles de OD caerán hasta prácticamente 0 ppm. La falta de oxígeno en la solución nutritiva dependerá el proceso de respiración y dañará seriamente la planta. El oxígeno puro se añade al sistema de recirculación de los estanques. Generalmente el nivel se mantiene en 8 ppm. Ajuste recomendado: por encima de 4 mg/L. (Alvarado, Chávez, & Anna, 2001)

h. Duración y renovación de la solución nutritiva.

Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004), la vida útil de la solución dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y el nivel de agua.

Por razones de costos, es más práctico cambiar toda la solución nutritiva para hacer un análisis químico para conocer su nueva concentración después de haber estado circulando por los canales durante un tiempo. Si las plantas son de la misma edad, la solución nutritiva puede renovarse cada 2 o 3 semanas. En caso de que la producción sea escalonada, es decir que se tenga plantas, de diferente edad en el mismo sistema, se deberá renovar totalmente la solución cada dos semanas ya que los nutrientes (principalmente nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio) son absorbidos más rápidamente por las plantas que están a punto de ser cosechadas que las recién trasplantadas. Se debe limpiar y desinfectar bien el tanque antes de renovar la solución.

La producción hidropónica de lechugas demora aproximadamente dos meses (mes y medio en verano), desde la siembra hasta la cosecha; en los canales permanecen 30 días. La producción en este sistema es intensiva, por lo que cada canal puede producir hasta 11 veces por año (el otro mes incluye los días empleados para el mantenimiento, desinfección, lavado de canales, etc.).

10. Quelatos

Cadahia, (2005), citado por Perea, *et al.*, (2010), un quelato es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación. Por tanto, químicamente hablando, los quelatos son moléculas muy estables.

Arcos, (2013), menciona que un quelato puede ser definido como un compuesto donde un nutriente metálico es ligado a un agente quelante orgánico, que tiene la propiedad de estar disponible para la planta bajo condiciones adversas (por ejemplo pH, presencia de fósforo, aceites, etc.), en las cuales los nutrientes metálicos normalmente formarían compuestos insolubles.

1) Clasificación de los agentes quelantes por su poder acomplejante

- Fuertes: EDTA, HEEDTA, DPTA, EDDHA, NTA.
- Medios: Poliflavonoides, Sulfonatos, Ácidos Húmicos y fulvicos, Aminoácidos, Ácido Glutámico, Poli fosfatos.
- Débiles: Ácido Cítrico, Ácido Ascórbico, Ácido Tartárico.

Entre más fuerte sea un quelato, más estable es la unión, por lo que se puede esperar mayor solubilidad del producto, más eficiencia de aplicación u mejor absorción a través de la cutícula.

a. Características que debe tener un quelato

Arcos, (2013), el quelato debe estar disponible tanto por las raíces como por cualquier parte de la planta, no debe ser tóxico a la planta en las cantidades requeridas, estar en una forma que sea fácilmente aplicado al suelo o a la planta, no debe ser muy caro.

2) Funciones de los quelatos

- *Protección del nutriente*, manteniendo al mismo en una situación de solubilidad, disponibilidad para la planta y facilitando la absorción.

- *Aprovechamiento del nutriente*, con una eficiencia hasta 10 veces superior en comparación con sales inorgánicas. Esto resulta que formulaciones con bajas concentraciones sean eficientes.
- *Modificación del pH de la solución*, es una característica diferencial de los quelatos. Es una característica deseable que un quelato sea también un agente dispersante de la solución.

Tabla 8. Concentración en micro nutriente en los quelatos, citado por arcos (2013),

a) Hierro	DPTA- Fe	10 % Fe (para suelos con pH < o =7,5)
	EDTA- Fe	9 - 12 % Fe (para suelos con pH < o = 6,3)
	EDDHA – Fe	6 % Fe (muy estable)
	EDTA – Fe	5 – 9 % Fe
b) Zinc	EDTA-Zn	9 – 14 %
c) Manganeseo	EDTA-Mn	12 % Mn
d) Cobre	EDTA-Cu	13 %
	EDTA H Cu	9 %

Fuente: Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento, 2004

B. CULTIVO DE LECHUGA

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una especie vegetal que pertenece a la familia de las Asteráceas o compuestas. La lechuga se clasifica en la sección *Lactuca* cuya subsección es *Lactuca serriola* L. Este cultivo se considera como la principal hortaliza de hoja en la dieta humana actual (SILVA & BRIONES, 2016)

Vallejo & Estrada, (2004), menciona que es una de las hortalizas de hoja más importantes y su popularidad ha aumentado en forma progresiva, en el mundo, por tratarse de un producto de consumo natural, de sabor agradable y de bajo contenido calórico.

El producto comercial de la lechuga son las hojas inmaduras o maduras que se consumen *in natura*, en forma de ensalada, bien como hojas enteras (variedades tipo mantequilla, de hojas lisas) o picadas (variedades que forman cabeza, tipo espárrago).

1. Importancia económica mundial del cultivo de lechuga.

Citado por Gutierrez, (2011), a nivel mundial en el 2011 se reporta una producción de 22,382,300 toneladas y los principales países productores representativos están en el Cuadro 9.

Tabla 9. Situación mundial del cultivo de lechuga en diferentes países y regiones en 2011.

País o Región	Área Cosechada (ha)	Producción (toneladas)	Rendimiento (kg/ha)
Australia	6121	127200	20786.00
Austria	1600	61900	38688.00
Canadá	3891	92400	23739.00
Chile	6600	90000	13636.00
China	500250	11005000	21999.00
Francia	16500	526000	31879.00

Alemania	8200	200000	24390.00
Israel	950	40000	42105.00
Italia	43604	846800	19420.00
Japón	22000	530000	24091.00
México	11290	243400	21559.00
Holanda	2000	73000	36500.00
Nueva Zelanda	1300	31000	23846.00
Perú	2900	33000	11379.00
Korea del Sur	7000	210000	30000.00
España	39000	920000	23590.00
Inglaterra	5514	135000	24483.00
Estados Unidos	131280	4976900	37910.00
Sur América	15174	198400	13078.00

FAOSTAT, 2011.

2. **Descripción botánica**

Florez, y otros, (2012). Citado por Cámara de Comercio Bogotá, (2015), la lechuga es una hortaliza de hojas sueltas o acogolladas, listas para el consumo directo en ensaladas y otras preparaciones gracias a sus características organolépticas. Pertenece a la familia de las compuestas Compositae, subfamilia Chicorioideae; es una planta anual o bienal.

La raíz de la lechuga, que no sobrepasa los 30 cm de profundidad es pivotante y con ramificaciones. Tiene un tallo corto y cilíndrico. Las hojas se disponen primero en roseta y después se aprietan unas junto a otras formando un cogollo. Los limbos pueden tener un borde liso, ondulado o aserrado. La inflorescencia son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos. (Servicio Insular Agrario, 2012)

a. Clasificación Botánica

Tabla 10. Clasificación botánica de la lechuga según (Jaramillo et al., 2016)

Reino	Vegetal	
División	Espermatofita	
Clase	Angiosperma	
Subclase	Dicotiledónea	
Familia	Compositae (Asteracea)	
Tribu	Cichorieae	
Genero	Lactuca	
Especie	Sativa	
Variedad Botánica	Capitata	Lechuga de cabeza, lisa o mantequilla
	Longifolia	romana o cos
	Inybabaceae	Lechugas de hoja o foliares

Fuente: Osorio & Lobo (1983)

b. Descripción de la planta

1) Raíz

Montesdeoca, (2008) citado por Mata, (2015), la raíz de la lechuga es de tipo pivotante, pudiendo llegar a medir hasta 0,30 m. Posee un sistema radicular bien desarrollado, estando de acuerdo la ramificación a la compactación del suelo; así un suelo suelto tendrá lechugas con un sistema radicular más denso y profundo que un suelo compacto.

2) Tallo

Cabezas, (2010) citado por Mata, (2015), en el tallo de la lechuga se encuentra un jugo lechoso, que da el nombre del género *Lactuca* al cual pertenece la lechuga, que viene de la palabra latina lac, que se refiere a dicha resina.

3) Hojas

Montesdeoca, (2008) citado por Mata, (2015), las hojas son numerosas y grandes en densa roseta (hojas caulinares alternas, más pequeñas). Además son ovales, oblongas, brillantes u opacas, dependiendo del tipo y variedad, capaces o no de formar cabeza, teniendo forma, número, dimensiones y colores variables según la variedad botánica y cultivar.

4) Flores

Montesdeoca, 2008 citado por Mata, (2015), las flores de la lechuga son amarillas. El tallo floral de la lechuga termina en numerosos capítulos con 7 a 15 flores liguladas de color amarillo. El conjunto de capítulos forma una inflorescencia en panícula corimbosa. Las flores de la lechuga se auto polinizan función que realizan antes que las flores se abran. En la lechuga también es posible la polinización cruzada.

5) Semillas

Carranza, Lanchero, & Miranda (2009) citado por Mata, (2015), las semillas de lechuga son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas, con una fisura longitudinal blanca, negra o rojiza. Se estima que en 1 gramo de semillas de lechuga existen entre 1000 a 1200 semillas. Para inducir su germinación se puede utilizar temperaturas ligeramente elevadas de 20 a 30°C.

c. Variedades de lechuga

Según Montesdeoca, (2009), sostiene que en la actualidad la lechuga se agrupa de acuerdo a la forma en que crece, lo cual ha determinado su clasificación en tres tipo: De cabeza o arrepolladas, presentan hojas grandes, envolventes de color verde claro y tiene una alta demanda comercial, Hoja Suelta o Crispa no forma repollo, grandes, hojas de color verde claro, bordes muy crespos, sus manojos se pueden cosechar individualmente sin arrancar la planta y la Cos o Romana , tienen hojas alargadas que forman un cogollo suelto, frágiles, las hojas son de color verde en la parte exterior presenta y blanco en el

interior, de estas en el Ecuador son cultivas las siguientes: Dancing, Romana, Seda, Green Salad Bowl, Crespa.

1) Crespa

Variedad de hojas finas encrespadas grandes, abiertas, buen vigor, alta uniformidad, buen rizado, de color verde claro, su tallo es aéreo y herbáceo.

- Rendimientos: 10 ton/ha, en suelo, mientras que en hidroponía 14 ton/ha.
- Ciclo de vida total 86 días (30 días en el semillero + 56 días desde el trasplante a cosecha), en hidroponía el ciclo de vida está entre 45-60 días.
- Densidad de siembra: 156.000 plantas/ha. mientras que el sistema hidropónico 1200 m² equivale a una hectárea de lechuga crespa sembrada.
- Siembra: Campo abierto, invernadero, convencional o hidropónico.
- pH entre 5.5 y 7.5

d. Valor nutricional

Citado por León, (2015), considera que la lechuga posee los valores nutricionales de importancia y necesarias para una alimentación saludable. En el Cuadro 4 se detalla el valor nutricional de la lechuga en 100 g de porción comestible. En un estudio acerca del valor nutricional de la lechuga (Suquilanda M. ,2003) dice que la ciencia médica ha determinado que la mayoría de lechugas provee una reacción alcalina al organismo humano acompañada de un alto contenido de celulosa, carbohidratos y proteínas en poca cantidad y calidad.

Tabla 11. Valor nutricional de la lechuga en 100 gr de sustancia.

Composición	Unidad	Cantidad	Composición	Unidad	Cantidad	Composición	Unidad	Cantidad
Calorías	kc	11	Otros carbohidratos	g	0,1	Carbono	mg	5,0
Agua	g	96	Vitamina A (U.I)	mg	300	Calcio	mg	13,0
Proteína	g	0,8	Tiamina	mg	0,07	Hierro	mg	1,5
Grasas	g	0,1	Riboflavina	mg	0,03	Fosforo	mg	25
Azúcares total	g	2,2	Niacina	mg	0,30	Potasio	mg	100,0

Fuente: (Jaramillo & Diaz, 1995) citado por (Suquilanda M. , 2003)

3. Manejo de lechuga en diferentes sistemas hidropónicos bajo condiciones de invernadero.

El cultivo en invernadero permite prolongar el período de producción de las hortalizas, frutales y plantas ornamentales protegiéndolas de condiciones ambientales adversas como bajas temperaturas y precipitaciones descontroladas, contribuyendo a un exitoso manejo de los cultivos, mejorando su productividad y la calidad de los productos. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación & Instituto Nacional del niño y la familia, 2002)

a. **Sistema de hidroponía N.F.T**

Carrasco, (2004) citado por Gutierrez, (2011), el sistema de recirculación de solución nutritiva NFT (Nutrient Film Technique), se desarrolló en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra, en la década de los sesenta. El principio de este sistema hidropónico consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, sin pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye como un sistema cerrado. La densidad de plantas en el caso de cultivo de lechuga, bajo este sistema es de 22 a 24 plantas por metro cuadrado según el cultivar. El tiempo aproximado de trasplante a cosecha es de 25 a 40 días. La solución nutritiva se debe tener en un rango de conductividad de 1.5 a 2.5 mS·cm⁻² y un pH de 5.5 a 6, siendo el consumo de solución de aproximadamente 0.25 litros/planta. En este cultivo el canal es de porte bajo y con un ancho de 6 cm.

b. Sistema Raíz flotante

La producción de lechuga bajo este sistema consiste en que las raíces están sumergidas en solución nutritiva, las plantas se encuentran en planchas de poliestireno expandido que flotan sobre el agua con la solución nutritiva en donde la plancha actúa como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas de lechuga, y muy importante para lograr una buena producción es airear la solución nutritiva en forma manual o mecánica.

Este sistema de cultivo muy utilizado en los proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, y agrega a lo anterior de que la aireación debe efectuarse por lo menos dos veces al día, independiente del método a utilizar, ya que esta acción permite redistribuir los elementos y oxigenar la solución (Colegio cristiano los héroes, s. f.).

c. Sistema en sustrato sólido

Stepowska y Kowalczyk, (2001) citado por Gutierrez, (2011), en el manejo de lechuga bajo este sistema se pueden utilizar sustratos como la turba y lana de roca, donde la densidad de siembra es de 20 plantas por metro cuadrado en el caso de *Lactuca sativa* var. *capitata*. El tiempo aproximado de trasplante a cosecha es de 34 días en primavera, mientras que en otoño es de 26 días. La solución nutritiva debe tener en un rango de conductividad de 0.5 a 1.7 dSm-1 según su estado fenológico y un pH de 5.5.

El consumo de solución es aproximadamente 0.5 l/planta en camas y 1.5 a 2 l/planta en bolsas, utilizando como sustrato lana de roca, con un rendimiento que varía de acuerdo a la época del año. Para el caso de lechuga que se trasplantó en otoño, el peso fresco por pieza es de 140 g en cama a 150 g en bolsa que resulta menor en comparación con lechugas que se trasplantaron primavera, donde el peso fresco por pieza oscila entre 226 g en cama a 236 g en bolsas.

Schippers (1980) citado por Gutiérrez, (2011), las lechugas se trasplantan sobre la hilera a una distancia de 20 cm, con un gasto promedio de solución nutritiva de 1.15 L/planta.

4. Manejo del cultivo (Plagas y enfermedades del cultivo)

Tabla 12. Plagas y enfermedades citado por Cajo, (2016); Vademecum Agrícola (2016) & Infoagro. El cultivo de la lechuga (s. F.).

PLAGAS			
NOMBRE	DAÑO	CONTROL	DOSIS
Trips (<i>Frankliniella pacispinosa</i>)	Afectan al tejido de las hojas del haz y envés. Transmisores de virus.	Thiametoxam	100-200 g/ha
Minadores (<i>Liriomyza trifolii</i>)	Genera galerías en las hojas, afecta al inicio de la plantación	Abamectina	0.6 ml/l
Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	Se alimenta de la savia, provocando amarilla miento. Son transmisoras de virus.	Clorpirifos; Imidacloprid	1-1.5 l/ha; 0.3-0.5 l/ha
Pulgones (<i>Myzus persicae</i> , <i>Macrosiphum solani</i> , <i>Narsonovia ribisnigri</i>)	Atacan cuando está próximo a la recolección, colonizan los cogollos, afectan al desarrollo de las hojas las que se vuelven marchitas y amarillas.	Alfa cipermetrina;	0.1 - 0.20 l/ha

ENFERMEDADES			
<i>Pythium spp.</i> , <i>Fusarium spp</i>	Pudrición de las raíces en el sistema hidropónico.	Benomil	0.25 -0.4 kg/ha
Pudrición de la base <i>Rhizoctonia sp</i>	Afecta la vena central de las hojas en la base de la planta, se desarrollan áreas necróticas hundidas de color marrón al final de la vena, donde la hoja está húmeda por la solución de nutrientes. Las hojas afectadas se ven marchitas y amarillas.	Captan	1-1.5 kg/ha
ANTRACNOSIS (<i>Marssonina panattoniana</i>)	Lesiones de tamaño de punta de alfiler, éstas aumentan de tamaño hasta formar manchas angulosas-circulares, de color rojo oscuro, que llegan a tener un diámetro de hasta 4 cm.	Folpet	1.7 g/l
Mancha Foliar <i>Cercospora sp.</i>	Manchas circulares de color crema o marrón que en condiciones de alta humedad son más numerosas y se unen para formar manchas más grandes e irregulares.	Clorotalonil	

Añublo polvoriento <i>Erysiphe cichor</i>	Crecimiento blanco polvoriento en las hojas y tallos de las plantas infectadas.	Mancozeb 60% + Metil tiofanato 14%; Zineb 50	
Moho gris <i>Botrytis sp.</i>	La enfermedad se identifica por la presencia de un crecimiento gris encima de estos órganos y eventualmente se pudre el tejido	Prochloraz (Fungloraz); Carbendazim (Goldazim)	0.9 g/l; 0.3-0.6 l/ha

VIRUS		
Virus del mosaico de la lechuga (LMV).	Se transmite por semilla y pulgones. Presentan moteados y mosaicos verdosos que se van acentuando al crecer las plantas, dando lugar a una clorosis generalizada, en algunas variedades pueden presentar clorosis foliares.	Eliminar plantas

5. Cosecha

Barrios, (2004), se recomienda realizar la recolección de las plantas muy temprano en las mañanas o en las tardes, retirándole las hojas basales secas y dañadas.

Alvarado et al., (2001), la cosecha se da, cuando cada cabeza de lechuga pese 5 onzas (150 gr)

6. Empaque

Alvarado et al., (2001), el empaque protege mecánicamente al producto, permite su eficiente manipulación, evita pérdidas de humedad, puede permitir la modificación de atmósferas y puede servir de exhibidor y vendedor silencioso.

Barrios, (2004), estos cultivos se pueden comercializar como plantas vivas, es decir, colocando las plantas con sus raíces en recipientes que contengan agua. Asimismo, las plantas se pueden embalar individualmente en bolsas plásticas. Las plantas comercializadas con sus raíces pueden aumentar su duración en el mercado respecto a aquellas que no llevan raíces, sobre todo si no son mantenidas en cámaras de conservación.

7. Comercialización

Córdova, (2005), Estas lechugas se comercializarán en supermercados, restaurantes de las ciudades. Se venden en bolsas plásticas transparentes con indicaciones del productor y forma de cultivo. Irán a raíz descubierta, como una forma de indicar que son producidas en forma hidropónica, debido a que esta fue la forma observada en los supermercados de comercializar este producto. La forma de distribución a los supermercados es en cajas de 12 lechugas embolsadas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero, ubicado en el departamento de Horticultura, de la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Parroquia Licán, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica²

Lugar: ESPOCH
Longitud: 0758126 UTM
Latitud: 9816941 UTM
Altitud: 2834 msnm

3. Características climáticas dentro del invernadero³

Temperatura promedio: 24.6 °C
Humedad relativa promedio 49.4 %

4. Características del agua

a. Características físicas

Color: Transparente.

Sabor: Insípida

²Información obtenida por GPS en el sitio. (2017)

³Datos proporcionados por LEMA, (2017)

b. Características químicas⁴

Cuadro 1. Características químicas del agua

Resultados e interpretación del análisis químico de Agua					
Ident.	pH	$\mu\text{S/cc}$	mgK/litro	mgCa/litro	mgMg/litro
		Cond. Eléct.	K	Ca	Mg
Agua de riego	7.82 L. Alc.	1081 No salino	60.6	117.45	186.95

B. MATERIALES

1. Materiales de campo

Plántulas de Lechuga Crispa, Vasos térmicos (2.5 Onzas), Motobombas eléctricas, Tanques de 200 L, Tubería pvc (90, 50, 40, 32 mm), Codos (50, 40, 32 mm), Yee (50 mm), Tee (50, 40, 32 mm), Buje (32 mm), Llaves (32 mm), Universales plegables (32 mm), Tapones (90, 50, 40 mm) Válvulas de pie (3/4), Adaptadores macho (32 mm), Manguera de gas (12 mm), Manguera de riego jardín (16 mm), Conectores (12, 16 mm), Empaques (12 mm), Varilla de 14 mm, Cierra sanflex diente fino, Timer, Contactor, Cable solido #10, Brakers 32 amperios, Palancas 32 amperios, Cinta métrica, Fertilizantes químicos, Cámara fotográfica, GPS, Conductímetro portátil, Libreta de campo.

2. Materiales de oficina

Se utilizaron: Computadora, Hojas de papel Bond, Internet, Lápiz, Calculadora, Marcadores, Regla, Impresora, Esferográficos, Flash memory.

3. Material Genético

a. Variedad Crispa. Lechuga

⁴ Información obtenida en el laboratorio de suelos de la ESPOCH (2017).

C. METODOLOGÍA

1. Factores en estudio

a. Materiales de experimentación

En la presente investigación se utilizó: Lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crispa.

b. Dosis y niveles de Soluciones nutritivas

Nivel	Dosis %
Baja	33.3
Media	66.6
Alta	100.0

Para el establecimiento de la dosis del 100% se basó en la solución nutritiva propuesta por la Universidad Nacional Agraria la Molina, tabla 6.

c. Soluciones Nutritivas

Cuadro 2. Soluciones nutritivas (ppm) para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var crispa. En el sistema NFT.

ELEMENTO	HIDROPONÍA (ppm)		
	DOSIS – BAJA 33.3 %	DOSIS – MEDIA 66.6 %	DOSIS- ALTA 100.0 %
N	60	120	180
P	20	30	40
K	9.4	79.4	149.4
Ca	0	0	32.6
Mg	7.7	15.38	23.08
S	10	20	30
Cu	0.3	0.6	0.9
Fe	0.4	0.8	1.2
Mn	0.3	0.6	0.9
Zn	0.3	0.6	0.9
B	0.3	0.6	0.9

2. Especificaciones del campo experimental

a. Especificaciones de la parcela experimental

Número de tratamientos : 3
 Número de repeticiones : 3
 Número de unidades experimentales : 9

b. Parcela

Forma de la parcela : Rectangular
 Distancia entre parcelas : 0.25 m
 Distancia entre Módulos : 0.60 m
 Efecto Borde : 0.60

Distancia de plantación

Entre hileras	: 0.25 m
Entre plantas	: 0.30 m
Ancho de la parcela	: 0.75 m
Largo de la Parcela	: 3 m
Área de cada parcela	: 2.25 m ²
Área neta de cada parcela	: 1.20 m ²
Número total de plantas en el ensayo	: 300
Número total de plantas a evaluarse	: 90
Número de plantas por parcela	: 30
Número de plantas a evaluarse por parcela neta	: 10
Área total de ensayo	: 25.2 m ²

3. Tipo de diseño experimental

Se empleó el Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y tres repeticiones. En total 9 unidades experimentales.

4. Esquema de análisis de varianza

Análisis de varianza

Cuadro 3. Análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	FÓRMULA	GRADOS LIBERTAD
Repeticiones	R-1	2
Dosis	S-1	2
Error	(S-1)(R-1)	4
Total	(S*R)-1	8

5. Análisis funcional

Análisis de varianza

Coeficiente de variación

Prueba de TUKEY al 5% para la separación de medias de los tratamientos.

6. Análisis económico

Se efectuó el análisis económico utilizando la relación beneficio costo.

D. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y DATOS REGISTRADOS

1. Prendimiento de la lechuga en %.

Se relacionó el número de plantas prendidas con el número total de plantas trasplantadas a los 5 y 10 días después del trasplante.

2. Longitud de la raíz (cm).

Con un flexómetro se midió esta variable en 10 plantas tomadas al azar de la parcela neta, a los 15, 30, 45 días después del trasplante.

3. Altura de las plantas (cm)

Se midió en cm, la altura de las 10 plantas tomadas al azar de la parcela neta, desde la base del tallo hasta la parte más alta del ápice de la misma a los 15, 30, 45 días después del trasplante.

4. Número de hojas por planta (#)

Se contabilizaron el número de hojas de las 10 plantas tomadas al azar de la parcela neta, a los 15, 30, 45 días después del trasplante en donde se utilizó el método destructivo al final de cada una de las plantas a evaluarse.

5. Días a la cosecha (#)

Se registró los días desde el trasplante hasta la cosecha de los tres tratamientos.

6. Rendimiento por parcela neta y por hectárea.

El rendimiento se obtuvo pesando en una balanza, las lechugas crespas encontrados en la parcela neta y se expresó en kg/ parcela neta, y luego lo proyectamos a kg/ha.

7. Relación beneficio costo

Se realizó el análisis económico de los tratamientos utilizando la relación beneficio costo.

E. MANEJO DEL ENSAYO

1. Labores pre-culturales

a. Muestreo de agua.

Se tomó una muestra de agua, y se envió a laboratorio de suelos de la ESPOCH para su respectivo análisis químico.

2. Labores culturales

a. Trasplante

Esta actividad se realizó cuando las plantas tenían 7 cm, de altura y 3 a 5 hojas verdaderas.

b. Riegos

El riego fue automatizado con un Timer, el cual enviaba la solución nutritiva desde los tanques a los tubos cada hora con una duración de 1 minuto, durante 12 horas.

c. Control de plagas y enfermedades

Se realizó monitoreos continuos y se verifico el umbral de daño económico.

d. Fertilización (Solución Nutritiva)

Cuadro 4. Fuentes de fertilizantes que se utilizaron para preparar la solución nutritiva.

Fuentes	Unidad	Composición química
Abono (N,P,K + Micro elementos EDTA)	%	N 10 - P ₂ O ₅ 52 - K ₂ O 10 - Fe 0.05 – Mn 0.05 – Zn 0.005 – Cu 0.005 – B 0.01
Agronutri-K Plus	g/L	(K ₂ O) 280
Sulfato de Mg (MgSO ₄)	%	10 Mg – 13 S.
Master Ferro EDDHA	%	Fe 6.5
Kelatex - Manganeseo EDTA	%	Mn 9.0
Kelatex – Zinc EDTA	%	Zn 9.0
Kelatex – Cobre EDTA	%	Cu 9.0
Cosmocel – Boro EDTA	%	B 20.5
Kelatex – Calcio EDTA	%	Ca 9.0
Ácido Nítrico	%	68

e. Cosecha

Se lo realizó de forma manual la cosecha de las lechugas crespas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PRENDIMIENTO %.

El análisis de varianza para porcentaje de prendimiento a los 5 y 10 días después del trasplante (ddt), no presenta diferencia significativa entre repeticiones y dosis debido a que hubo un 100 % de prendimiento.

DISCUSIÓN

En el trabajo de investigación el trasplante se lo realizó directamente a los tres módulos del sistema hidropónico con el objetivo de que todas las plántulas obtengan una alta tasa de crecimiento radicular, ya que algunos autores recomiendan hacer un pos trasplante.

Lo que concuerda con Rodríguez, Chang, Hoyos, & Falcón, (2004) donde el éxito de la adaptación de plántulas en un sistema hidropónico depende del primer trasplante, esta fase se realiza en un pequeño sistema de raíz flotante. Donde las plantas permanecerán dos semanas en esta etapa hasta que sus raíces hayan alcanzado una longitud adecuada para finalmente ser trasplantadas a los canales de cultivo.

Según Hurd et al., (1979) citado por Berrrios, (2016). En los primeros días de trasplante la tasa de crecimiento radicular es la más elevada.

B. LONGITUD DE RAÍZ

1. Longitud de raíz a los 15 ddt

El análisis de varianza para longitud de raíz a los 15 ddt (Cuadro 5), no presenta diferencias significativas para repeticiones, en dosis encontramos diferencias altamente significativas. Su coeficiente de variación alcanzó un 4.22 %.

Cuadro 5. Análisis de varianza para longitud de raíz 15 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	4.02	2.01	3.84	6.94	18	ns
Dosis	2	18.45	9.22	17.6	6.94	18	**
Error	4	2.09	0.52				
Total	8	24.56					
CV	4.22						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 15 ddt (Cuadro 6) presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentran la dosis del 66.6%, y la dosis del 33.3% con medias de 18.53 y 17.70 cm respectivamente, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis 100.0% con una media de 15.17 cm.

Cuadro 6. Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a 15 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (cm)	RANGO
66.6	Media	18.53	a
33.3	Baja	17.70	a
100.0	Alta	15.17	b

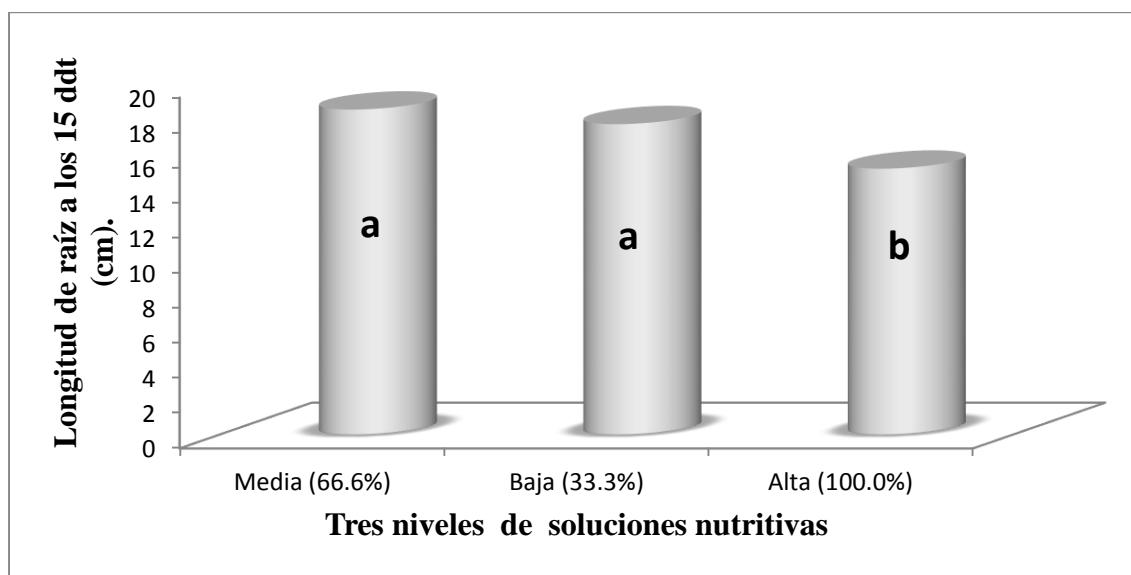


Gráfico 1. Longitud de raíz a los 15 ddt según la dosis de la solución nutritiva.

A los 15 días después del trasplante (ddt) gráfico 1, existió diferencias significativas entre la dosis del 66.6 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia que existió es de 3.36 cm. que equivale a un 18.13 %, de longitud radicular.

2. Longitud de raíz a los 30 ddt

El análisis de varianza para longitud de raíz a los 30 ddt (Cuadro 7), no presenta diferencias significativas para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó un 9.65 %

Cuadro 7. Análisis de varianza para longitud de raíz 30 ddt.

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	28.76	14.38	2.48	6.94	18	ns
Dosis	2	155.28	77.64	13.38	6.94	18	*
Error	4	23,22	5.8				
Total	8	207.26					
CV	9.65						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 30 ddt (Cuadro 8) presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentran la dosis del 66.6%, y la dosis del 33.3% con medias de 28.97 y 26.67 cm. respectivamente, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis del 100.0% con una media de 19.23 cm.

Cuadro 8. Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 30 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (cm)	RANGO
66.6	Media	26.67	a
33.3	Baja	28.97	a
100.0	Alta	19.23	b

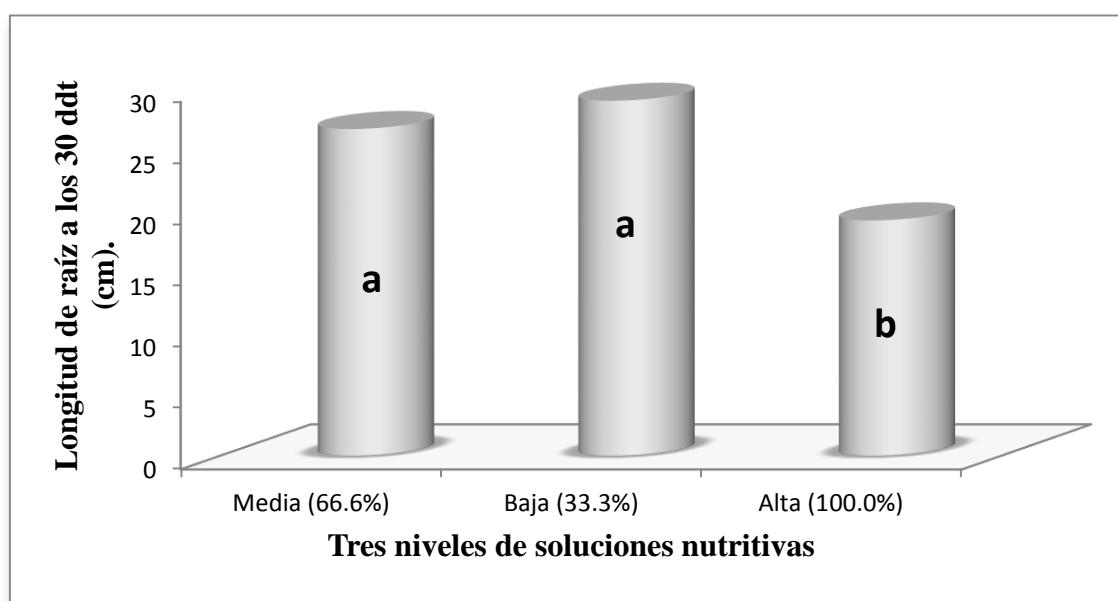


Gráfico 2. Longitud de raíz a los 30 ddt según la dosis de la solución nutritiva

A los 30 días después del trasplante (ddt) gráfico 2, existió diferencias significativas entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia entre las dos posee 9.74 cm. que equivale a un 33.62 %, de longitud radicular.

Se puede evidenciar que existe una diferencia entre estos dos niveles de solución nutritiva presentándose la dosis del 33.3 % con un crecimiento superior a la dosis del 100.0 %, según Beltrano & Gimenez, (s. f.). El éxito de la solución nutritiva tiene que estar relacionado con los iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH. La dosis

del 33.3 en la investigación se obtuvo valores en pH de 6.6 y CE de 1.5 dS/m por lo tanto posee una mejor relación de iones minerales, pH y CE, contrario con la dosis del 100.0% presentó incrementos del pH con 8.7, y una CE de 2.4 dS/m por esta razón afectó al desarrollo radicular generando una muerte progresiva.

3. Longitud de raíz a los 45 ddt

El análisis de varianza para longitud de raíz a los 45 ddt (Cuadro 9), no presenta diferencias significativas para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó un 8.91 %

Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de raíz 45 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	23.75	11.87	1.62	6.94	18	ns
Dosis	2	183.7	91.85	12.53	6.94	18	*
Error	4	29.32	7.33				
Total	8	236.77					
CV	8.91						

ns: No significativo

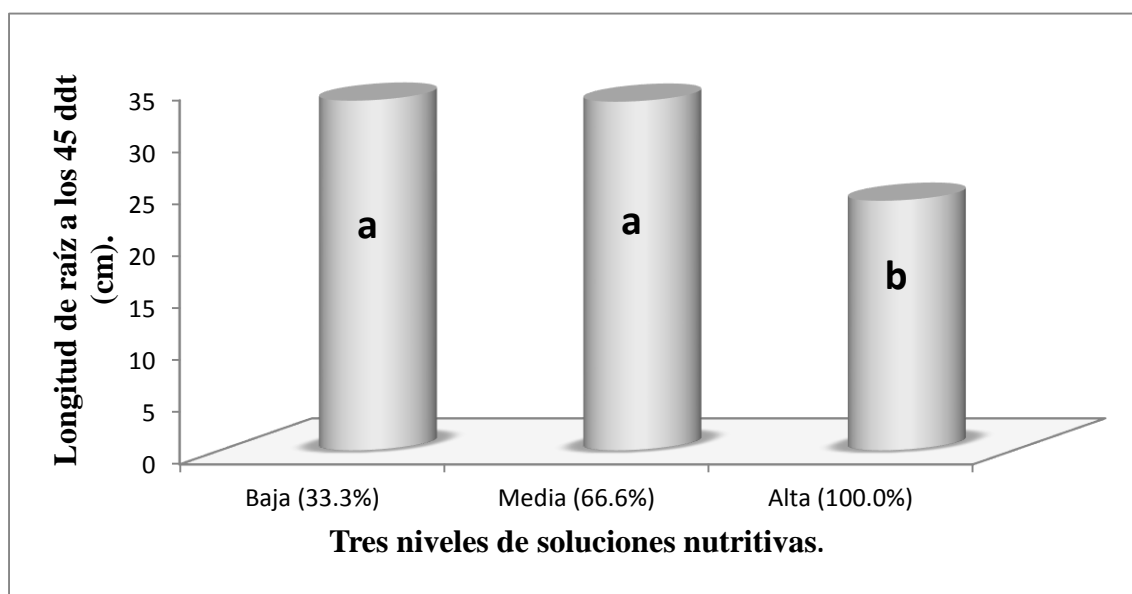
*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 45 ddt (Cuadro 10) presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentran la dosis del 33.3%, y la dosis del 66.6% con medias de 33.63 y 33.53 cm respectivamente, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis del 100.0% con una media de 24.00 cm.

Cuadro 10. Prueba de Tukey al 5% para longitud de raíz a los 45 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (cm)	RANGO
33.3	Baja	33.63	a
66.6	Media	33.53	a
100.0	Alta	24.00	b

**Gráfico 3. Longitud de raíz a los 45 ddt según la dosis de la solución nutritiva**

A los 45 días después del trasplante (ddt) gráfico 3, existió diferencias significativas entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia entre las dos posee 9.63 cm. que equivale a un 28.63 %, de longitud radicular.

Se puede evidenciar que existe una diferencia muy marcada entre estos dos niveles de solución nutritiva presentándose la dosis del 33.3 % con un crecimiento superior a la dosis del 100.0 %, mientras que el nivel medio presenta una mínima variación comparada con el nivel bajo.

La dosis del 33.3 en la investigación se obtuvo valores en pH de 6.8 y CE de 1.3 dS/m, cosa que con la dosis del 100.0% presentó incrementos del pH con 8.9, y una CE de 2.4 dS/m por esta razón hubo desequilibrio de los nutrientes lo cual afectó al desarrollo radicular.

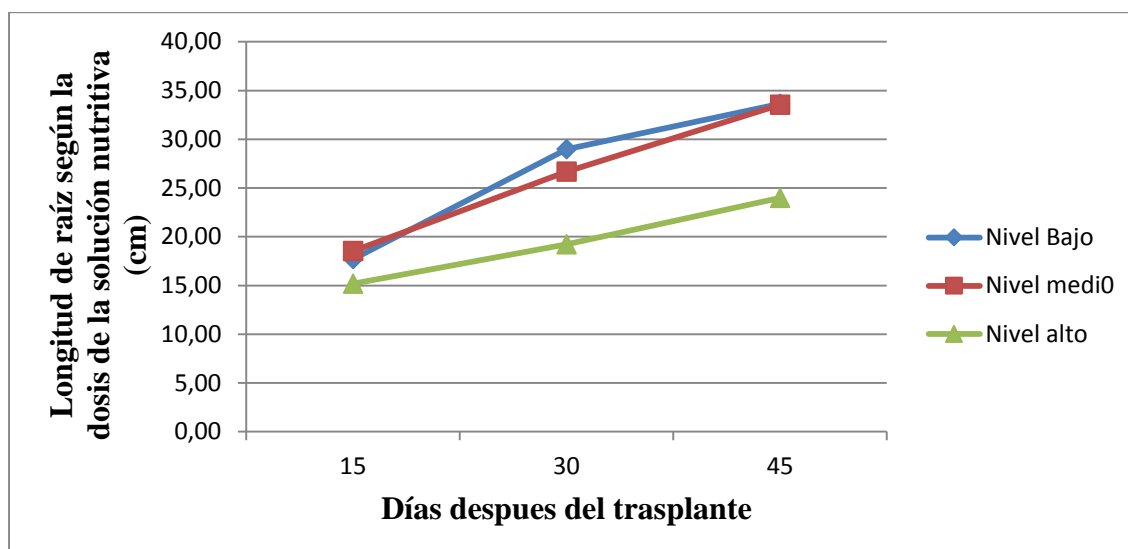


Gráfico 4. Curva de crecimiento de la raíz, según las soluciones nutritivas.

DISCUSIÓN

La aplicación de las diferentes soluciones nutritivas influyeron en la longitud radicular a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, donde la dosis del 33.3% compuesta de N:0.06, P:0.02, K:0.0094, Ca:0.117, Mg:0.0077, S:0.01, Cu:0.0003, Fe:0.0004, Mn:0.0003, Zn:0.0003, B:0.0003 kg/m³, en la investigación presentó valores más altos con 33.63 cm, a los 45 días después del trasplante (ddt), comparado con la dosis del 100.0% el cual está conformado de N:0.18, P:0.04, K:0.149, Ca:0.1496, Mg:0.02308, S:0.03, Cu:0.0009, Fe:0.0012, Mn:0.0009, Zn:0.0009, B:0.0009 kg/m³, que presentó valores inferiores de crecimiento con 24 cm de longitud radicular, creando una diferencia entre estas dos de 28.63 %. Mientras que la dosis del 66.6% conformada de N:0.12, P:0.03, K:0.0794, Ca:0.117, Mg:0.01538, S:0.02, Cu:0.0006, Fe:0.0008, Mn:0.0006, Zn:0.0006, B:0.0006 kg/m³, en el trabajo de campo presentó valores cercanos al nivel bajo. La variación que presentó el nivel bajo y alto se debe a que la conductividad eléctrica en el nivel alto se incrementó de 1.4 a 2.4 dS/m; al igual que el pH de 5.9 a 8.9 a los 45 ddt, mientras que en el nivel bajo al final del ciclo del cultivo presentó un buen pH de 6.8 y una conductividad eléctrica 1.3 dS/m.

Para Alvarado, Chávez, & Anna, (2001), en los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, esta es la solución para ser asimiladas por las plantas. Mientras que para Meléndez & Molina, (2002), los elementos esenciales para las plantas son aquellos necesarios para

la ocurrencia de un ciclo de vida completo, involucrado en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos.

Los resultados obtenidos concuerdan con Meléndez & Molina, (2002) donde los elementos esenciales se involucran tanto en las funciones metabólicas o estructurales de un cultivo. En el caso de las raíces son los órganos involucrados en la absorción de agua y minerales por excelencia. El transporte de nutrimentos hacia la raíz, la absorción y translocación de los mismos ocurre simultáneamente; por esta razón, si se produce un cambio en uno de estos procesos se afectarán los demás. Ibáñez, (2007), menciona que el pH puede repercutir en el proceso fisiológico de la absorción de los nutrientes por parte de las raíces. Cuando los valores del pH se desvían en demasía de su óptimo, el sistema radicular puede deteriorarse o generarse toxicidad en la planta, debido a una asimilación excesiva de elementos químicos dañinos (fitotóxicos).

Mientras que Hadid *et al.*, (1996) citado por Gutierrez,(2011). Menciona que la mayor absorción nutrimental para cultivo de lechuga en condiciones de hidroponía, se da cuando la conductividad eléctrica oscila entre 1.5 a 1.8 dS/m, ya que la presión osmótica que ejerce la raíz bajo estas condiciones, favorece una mayor absorción de nutrimentos. Favela, Preciado, & Benavides, (2006), Afirma que la cantidad total de los iones de las sales disueltas en la solución nutritiva ejerce una fuerza llamada presión osmótica (PO); en la medida que aumenta la cantidad de iones se incrementa esta presión. En la medida que la PO es mayor, las plantas deben invertir más energía para absorber el agua y los nutrimentos, por lo cual la PO no debe elevarse (Asher y Edwards, 1983). Pues a mayor PO, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial.

Por lo tanto en la dosis 100.0%, la presión osmótica fue mayor debido a la concentración de los mismos nutrientes como menciona Favela, Preciado, & Benavides, (2006), pues a mayor potencial osmótico, menor es la absorción. Y a pH fuera del rango como afirma Ibáñez, (2007), el sistema radicular se deteriora o se genera toxicidad lo cual concuerda con el trabajo realizado donde hubo un daño radicular y este afectó en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

C. ALTURA

1. Altura de planta a los 15 ddt

El análisis de varianza para altura de las plantas a los 15 ddt, (Cuadro 11), no presenta diferencias significativas para repeticiones y dosis. Su coeficiente de variación alcanzó 6.78%.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de las plantas a los 15 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.06	0.03	0.15	6.94	18	ns
Dosis	2	1.6	0.8	3.86	6.94	18	ns
Error	4	0.83	0.21				
Total	8	2.5					
CV	6.78						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

Durante los primeros 15 días después del trasplante no presentó diferencias significativas para los tres niveles de la investigación, por obtener valores similares en el crecimiento.

2. Altura de planta a los 30 ddt

El análisis de varianza para altura de las plantas a los 30 ddt, (Cuadro 12), no presenta diferencias significativas para repeticiones, en dosis encontramos diferencias altamente significativas. Su coeficiente de variación alcanzó un 4.26 %

Cuadro 12. Análisis de varianza para altura de plantas a los 30 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.28	0.14	0.54	6.94	18	ns
Dosis	2	9.53	4.76	18.13	6.94	18	**
Error	4	1.05	0.26				
Total	8	10.86					
CV	4.26						

ns: No significativo

*: Significativo;

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para altura de las plantas a los 30 ddt (Cuadro 13), presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentra la dosis del 33.3% con una media de 13.47, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis del 66.6% y 100.0% con medias de 11.60 y 11.07 cm respectivamente.

Cuadro 13. Prueba de Tukey al 5% para altura a los 30 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (cm)	RANGO
33.3	Baja	13.47	a
66.6	Media	11.60	b
100.0	Alta	11.07	b

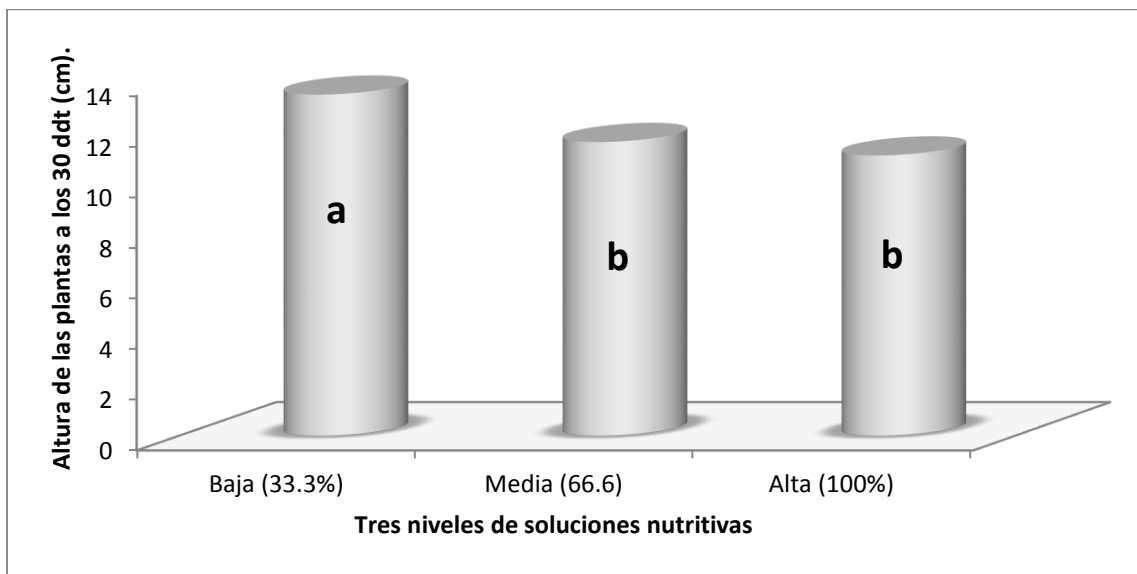


Gráfico 5. Altura de las plantas a los 30 ddt, según la dosis de la solución nutritiva

A los 30 días después del trasplante (ddt) gráfico 5, existió diferencias significativas entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia entre las dos posee 2.40 cm. que equivale a un 17.81 %, de altura de la planta.

Se puede evidenciar que existe una diferencia entre estos dos niveles de solución nutritiva presentándose la dosis del 33.3 % con un crecimiento superior a la dosis del 100.0 %, debido a la muerte de algunas raíces por el incremento en pH y CE presentándose así en el nivel alto un pH de 8.7 y CE de 2.4 dS/m. corroborando con Gutierrez, (2011), que menciona la absorción nutrimental se da cuando CE oscile entre 1.5 a 1.8 dS/m. debido a estos valores se puede mencionar que el crecimiento se vió afectado por este incremento en la dosis del 100%, mientras que en el nivel bajo como presento valores de pH 6.6 y CE 1.5 dS/m. influyó para un óptimo crecimiento de las plantas.

Como afirma Urrestarazu, (2015), la elevada salinidad reduce el área foliar y el crecimiento de las plantas.

3. Altura de planta a los 45 ddt

El análisis de varianza para altura de las plantas a los 45 ddt, (Cuadro 14), no presenta diferencias significativas para repeticiones y dosis. Su coeficiente de variación alcanzó 5.54%.

Cuadro 14. Análisis de varianza para altura de plantas a los 45 ddt

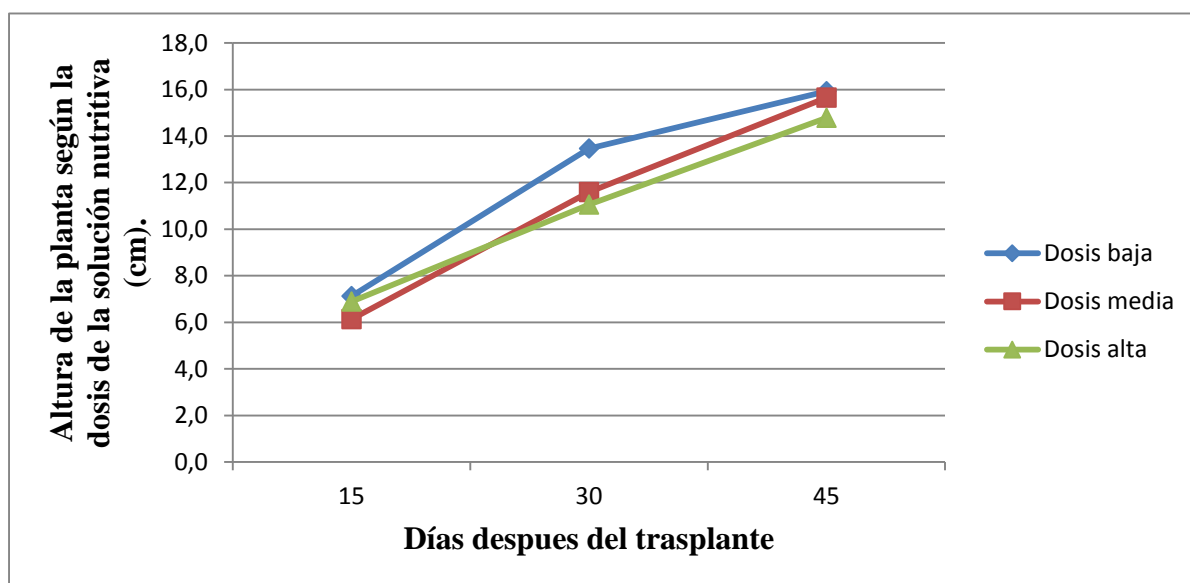
F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.14	0.07	0.1	6.94	18	ns
Dosis	2	2.11	1.05	1.44	6.94	18	ns
Error	4	2.93	0.73				
Total	8	5.18					
CV	5.54						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

A los 45 días después del trasplante no presentó diferencias significativas para los tres niveles de la investigación por lo tanto al final hubo un crecimiento similar, pero el desarrollo no fue el mismo para todos los niveles.

**Gráfico 6. Curva de crecimiento de las plantas, según las soluciones nutritivas.**

DISCUSIÓN

La aplicación de las soluciones nutritivas a los 30 ddt presentó diferencia altamente significativa para la dosis del 33.3% compuesta de N:0.06, P:0.02, K:0.0094, Ca:0.117, Mg: 0.0077, S:0.01, Cu:0.0003, Fe:0.0004, Mn:0.0003, Zn:0.0003, B:0.0003 kg/m³,

con una media de 13.47 cm, la cual fue influenciada favorablemente en crecimiento de altura de las plantas, excepto a los 45 ddt donde se manifestó que no existió diferencias significativas para las dosis de las tres soluciones nutritivas. Pero en el desarrollo se pudo evidenciar claramente que la dosis del 33.3% fue la mejor.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (1999), Los elementos esenciales es la parte fundamental para el crecimiento de la planta, la cual toma del suelo, del agua de irrigación o un medio hidropónico. Los nutrientes primarios son el nitrógeno, el fosforo, y el potasio los cuales son consumidos en cantidades relativamente grandes. Tres nutrientes secundarios son tomados en menores cantidades, pero son esenciales para su crecimiento, el calcio el magnesio y el azufre. Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal.

Como afirma Singh y Sainju, (1998) citado por B. Arcos, Benavides, & Rodriguez, (2011). El crecimiento de las plantas en altura es dependiente del aporte de agua, nutrientes, energía y aire que un medio pueda aportarle. La altura de la planta es un indicador de que el medio proporcionó cantidades adecuadas de nutrimentos y que la disponibilidad del mismo también fue la adecuada, lo que permitió el crecimiento vigoroso de las plantas. Estas condiciones están relacionadas con factores físicos y químicos como el pH, contenido nutricional, agua disponible y temperatura, entre otros.

En estudios similares trabajados en sistema hidropónico NFT según Cajo, (2016) en su investigación presentó alturas de 10.02 y 8.80 cm, lo que al comparar con la presente investigación se obtuvo un valor medio de 15.93 cm para dosis del 33.3% y 14.80 para dosis del 100%, lo que supera al mencionado anteriormente.

D. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA (#)

1. Número de hojas a los 15 ddt.

El análisis de varianza para número de hojas a los 15 ddt, (Cuadro 15), no presenta diferencia significativa para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó 4.56%.

Cuadro 15. Análisis de varianza para número de hojas a los 15 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.89	0.44	1.6	6.94	18	ns
Dosis	2	4.22	2.11	7.6	6.94	18	*
Error	4	1.11	0.28				
Total	8	6.22					
CV	4.56						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 15 ddt (Cuadro 16), presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentran la dosis del 100.0% con una media de 12.33 hojas, en el rango “ab” se la dosis del 33.3% con una media de 11.67 hojas, y mientras que en el rango “b” esta la dosis del 66.6% con una media de 10.67 hojas respectivamente.

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 15 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (#)	GRUPO
100.0	Alta	12.33	a
33.3	Baja	11.67	ab
66.6	Media	10.67	b

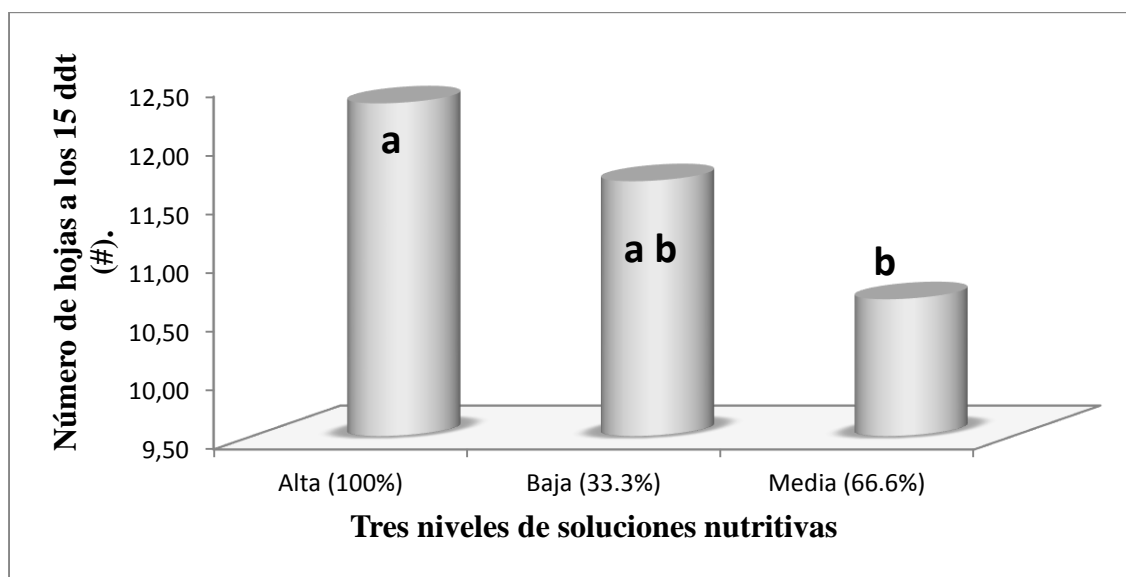


Gráfico 7. Número de hojas a los 15 ddt, según la dosis de la solución nutritiva

A los 15 días después del trasplante (ddt) gráfico 7, existió diferencias significativas entre la dosis del 100 %; con la dosis del 66.6 %, la diferencia entre las dos posee 1.66 hojas que equivale a un 13.46 %, por lo tanto el número de hojas fue estadísticamente diferente en cada nivel de la investigación.

2. Número de hojas a los 30 ddt.

El análisis de varianza para número de hojas a los 30 ddt, (Cuadro 17), no presenta diferencia significativa para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó 5.82 %.

Cuadro 17. Análisis de varianza para número de hojas a los 30 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.22	0.11	0.1	6.94	18	ns
Dosis	2	16.22	8.11	7.3	6.94	18	*
Error	4	4.44	1.11				
Total	8	20.89					
CV	5.82						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 30 ddt (Cuadro 18), presenta un rango; en el rango “a” se encuentran las dosis del 33.3%, 100.0%, y 66.6% con medias de 20.00, 17.33 y 17.00 hojas respectivamente.

Cuadro 18. Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 30 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (#)	GRUPO
33.3	Baja	20.00	a
100.0	Alta	17.33	a
66.6	Media	17.00	a

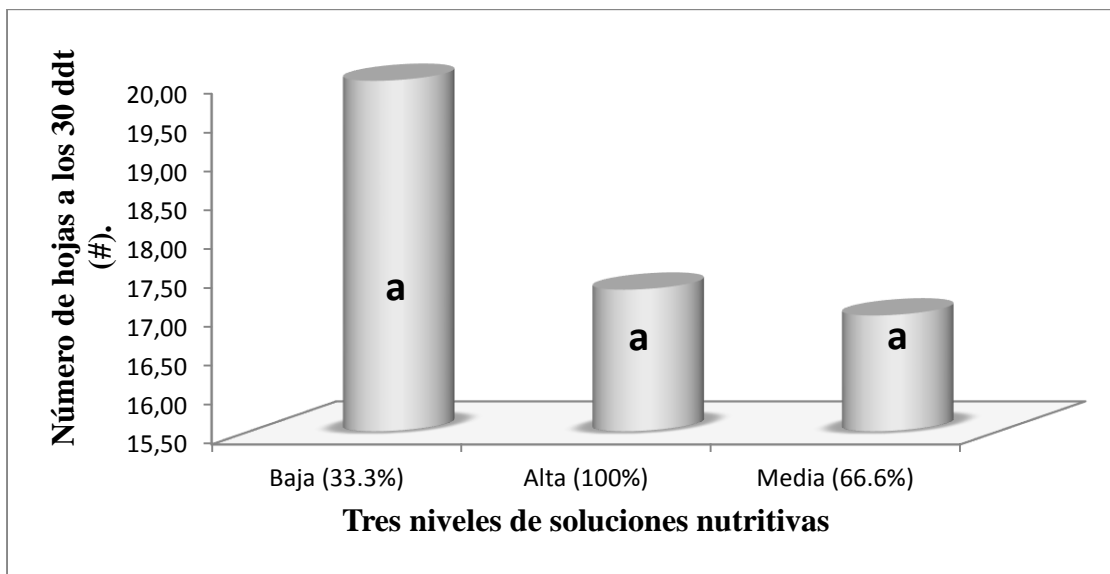


Gráfico 8. Número de hojas a los 30 ddt, según la dosis de la solución nutritiva

A los 30 días después del trasplante (ddt) gráfico 8, existió diferencias significativas entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 66.6 %, la diferencia es de 3 hojas que equivale a un 15 %.

Esta diferencia se debe a las soluciones nutritivas y a los rangos de pH y CE, como se presentó en el cuadro 16 a los 15 ddt el que tuvo el mayor número de hojas es el nivel alto, mientras que los 30 ddt el número de hojas se vió influenciado por la dosis del 33.3%, donde el pH y CE fueron los óptimos siendo así el pH fue de 6.6 y la CE de 1.5 dS/m como varios autores mencionan este rango es bueno en hidroponía.

3. Número de hojas a los 45 ddt.

El análisis de varianza para número de hojas a los 45 ddt, (Cuadro 19), no presenta diferencia significativa para repeticiones, en dosis encontramos diferencias altamente significativas. Su coeficiente de variación alcanzó 1.4 %.

Cuadro 19. Análisis de varianza para número de hojas a los 45 ddt

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.22	0.11	1	6.94	18	ns
DOSIS	2	46.89	23.44	211	6.94	18	**
Error	4	0.44	0.11				
Total	8	47.56					
CV	1.4						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 45 ddt, (Cuadro 20) presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentra la dosis del 33.3% con una media de 27.00 hojas, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis del 66.6% y 100% con medias de 22.33 y 22.00 hojas respectivamente.

Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5% para número de hojas a los 45 ddt

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (#)	GRUPO
33.3	Baja	27.00	a
66.6	Media	22.33	b
100.0	Alta	22.00	b

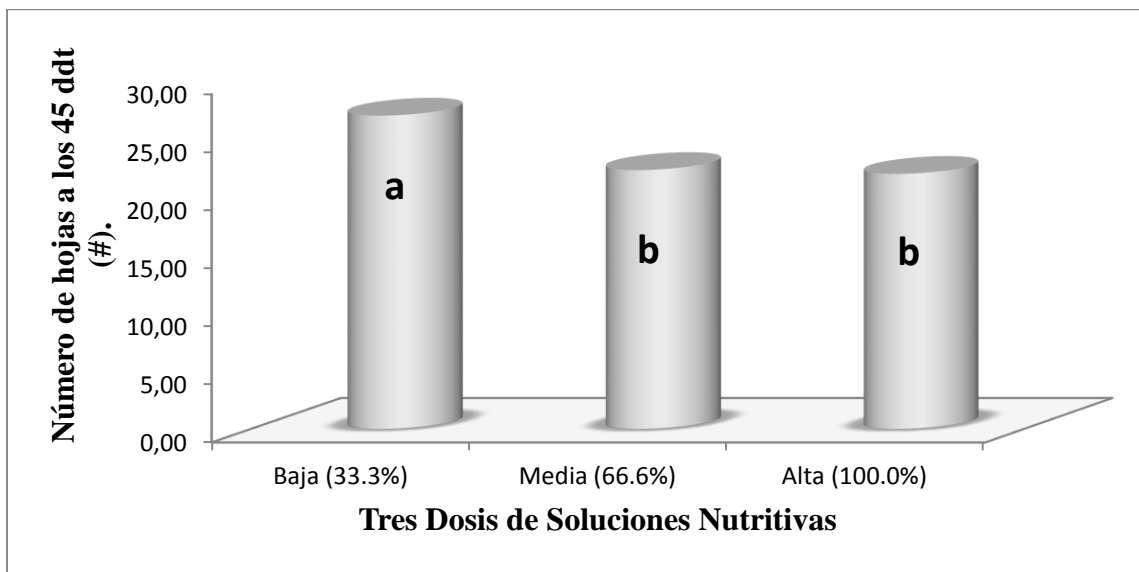


Gráfico 9. Número de hojas a los 45 ddt, según la dosis de la solución nutritiva

A los 45 días después del trasplante (ddt) gráfico 9, existió diferencias significativas entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia entre las dos posee 5 hojas que equivale a un 18.52 %.

La diferencia entre los niveles es muy clara como se puede ver la dosis del 33.3% a los 45 ddt es la mejor que se obtuvo en la investigación con un número de hojas de 27, ya que existió un óptimo rango de pH y CE , siendo así el pH 6.8 y la CE de 1.3 dS/m, mientras que las dosis del 66.6% y 100%, presentaron en promedio 22 hojas, esta variación se debe a la concentración de los nutrientes en la solución nutritiva los cuales modificaron el pH a 8.5 para el nivel medio y 8.9 para el nivel alto y en la conductividad eléctrica fue de 2.2 para el nivel medio y 2.4 para el nivel alto.

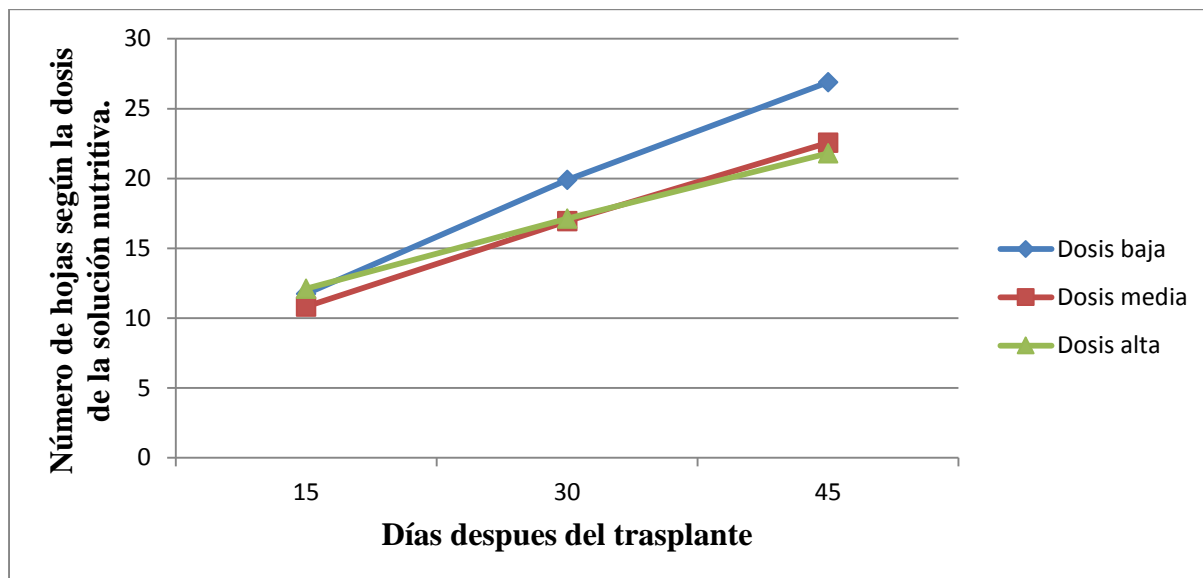


Gráfico 10. Curva del número de hojas de las plantas, según las soluciones nutritivas.

DISCUSIÓN

A pesar de que las plántulas iniciaron con un número similar de hojas de 12.3 para dosis alta N:0.18, P:0.04, K:0.149, Ca:0.1496, Mg:0.02308, S:0.03, Cu:0.0009, Fe:0.0012, Mn:0.0009, Zn:0.0009, B:0.0009 kg/m³, y de 10.67 para dosis media N:0.12, P:0.03, K:0.0794, Ca:0.117, Mg:0.01538, S:0.02, Cu:0.0006, Fe:0.0008, Mn:0.0006, Zn:0.0006, B:0.0006 kg/m³, al transcurrir los días hubo una diferencia según la solución nutritiva adicionada al sistema, claro es así que la dosis del 33.3% N:0.06, P:0.02, K:0.0094, Ca:0.117, Mg:0.0077, S:0.01, Cu:0.0003, Fe:0.0004, Mn:0.0003, Zn:0.0003, B:0.0003 kg/m³ tiene el mejor número de hojas a los 30 y 45 ddt de 20 hasta 27 hojas con valores óptimos de pH de 6.8 y de CE de 1.3 dS/m a los 45 ddt. Mientras que la dosis del 66.6% y la del 100.0% la diferencia es corta de 17 a 22 hojas. Esto según el trabajo de campo se debe a que a los 30 y 45 ddt la solución nutritiva varía en cuanto al pH y CE de las dosis del 66.6% a los 30 ddt tuvo un pH de 7.5 y CE de 2.0 dS/m y a los 45 ddt, este se incrementó a un pH de 8.5 y CE de 2.2 dS/m, en la dosis del 100.0% a los 30 ddt, hubo un pH 8.7 y CE e 2.4 dS/m, mientras que a los 45 ddt, este se incrementó dando así un pH de 8.9 y una CE de 2.4. Este es el motivo por el cual los nutrientes no fueron totalmente asimilados por la raíz del cultivo debido al incremento del pH y CE, los cuales son muy importantes en la solución nutritiva.

Para Marschner (2002) e Izco (1997), citado por B. Arcos, Benavides, & Rodriguez, (2011), señalan que las hojas, al ser el principal órgano sintetizador de carbohidratos de la planta deben tener un buen sustrato que le garantice un suministro adecuado de nutrientes.

Para Grupo latino, (2010) citado por Cajo, (2016) define a la solución nutritiva como un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo. Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan al desarrollo de la planta. Hasta el día de hoy se siguen modificando para diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como el medio ambiente.

En estudios similares trabajados en sistema hidropónico NFT según Cajo, (2016) en su investigación presentó para esta variable un número de hojas de 11.70 y 10.39, lo que al comparar con la presente investigación se obtuvo un valor medio de 27 hojas para dosis baja y 22 para dosis alta, lo que supera al mencionado anteriormente.

E. DÍAS A LA COSECHA (#)

El análisis de varianza para días a la cosecha a los 45 ddt, no presentan diferencia significativa entre repeticiones y dosis.

DISCUSIÓN

El ciclo de vida de la lechuga fue de 45 ddt, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Corroborando con Montesdeoca (2009), menciona que el ciclo está entre 45 a 60 días. Mientras que para Carrasco (2004) citado por Gutierrez (2011), el tiempo aproximado de trasplante a cosecha es de 25 a 40.

F. RENDIMIENTO POR PARCELA NETA Y POR HECTÁREA.

1. Rendimiento kg/parcela neta

El análisis de varianza para rendimiento en kg/parcela neta (Cuadro 21), no presenta diferencia significativa para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó 14.67 %.

Cuadro 21. Análisis de varianza para rendimiento (kg/Parcela neta)

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.02	0.01	0.27	6.94	18	ns
Dosis	2	0.89	0.44	13.72	6.94	18	*
Error	4	0.13	0.03				
Total	8	1.04					
CV	14.67						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para rendimiento en kg/parcela neta (Cuadro 22), presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentra la dosis del 33.3% con una media de 1.65 kg/Pn, mientras que en el rango “b” se ubica la dosis del 66.6% y 100.0% con medias de 1.13 y 0.90 kg/Pn respectivamente.

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento (kg/Pn)

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (kg)	GRUPO
33.3	Baja	1.65	a
66.6	Media	1.13	b
100.0	Alta	0.90	b

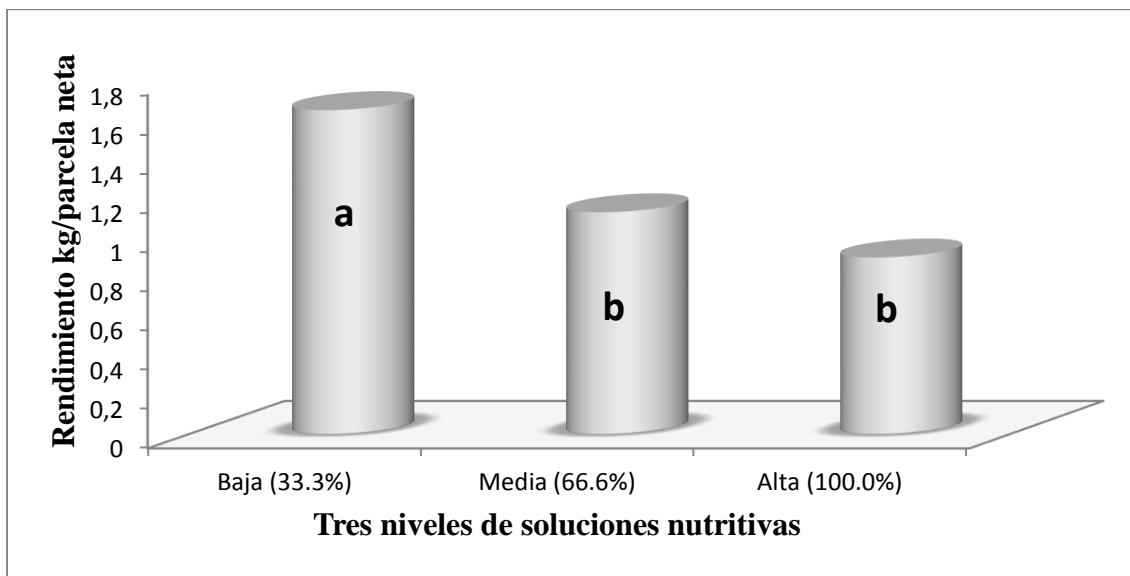


Gráfico 11. Rendimiento en (kg/parcela neta), según la solución nutritiva

Al terminar el ciclo del cultivo existió diferencias significativas gráfico 11, para rendimiento entre la dosis del 33.3 %; con la dosis del 100.0 %, la diferencia entre las dos posee 0.75 kg, que equivale a un 45.45%.

La variación que presentó en rendimiento se debe a la disponibilidad de los nutrientes en cada una de las soluciones nutritivas a estudio la misma que tiene un relación muy estrecha con el pH y la CE presentándose así para dosis del 33.3 % con un rendimiento de 1.65 kg/parcela neta el mismo que en la investigación presentó un pH de 6.8 y una CE 1.3 dS/m a los 45 ddt, mientras que la dosis del 100.0% tuvo un rendimiento bajo de 0.90 kg/parcela neta y se presentó un pH 8.9 y una CE de 2.4 dS/m.

2. Rendimiento kg/hectárea

El análisis de varianza para rendimiento en kg/ha (Cuadro 23), no presenta diferencia significativa para repeticiones, en dosis encontramos diferencias significativas. Su coeficiente de variación alcanzó 14.23 %.

Cuadro 23. Análisis de varianza para rendimiento (kg/ha)

F V	GL	S.C	C.M	F.C	F TAB		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	1427039.82	713519.91	0.34	6.94	18	ns
Dosis	2	62189349.82	31094674.91	14.71	6.94	18	*
Error	4	8455440.93	2113860.23				
Total	8	72071830.56					
CV	14.23						

ns: No significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

En la prueba de Tukey al 5% para rendimiento en kg/ha (Cuadro 24), presenta dos rangos; en el rango “a” se encuentra la dosis del 33.3% con una media de 6915.0 kg/ha, en el rango “b” se ubica la dosis del 66.6% con una media de 4720.7 kg/ha, y la dosis del 100% con una media de 3760.93 kg/ha respectivamente.

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento (kg/ha)

DOSIS %	NIVELES	MEDIA (kg/ha)	GRUPO
33.3	Baja	13769.43	a
66.6	Media	9400.00	a
100.0	Alta	7488.90	b

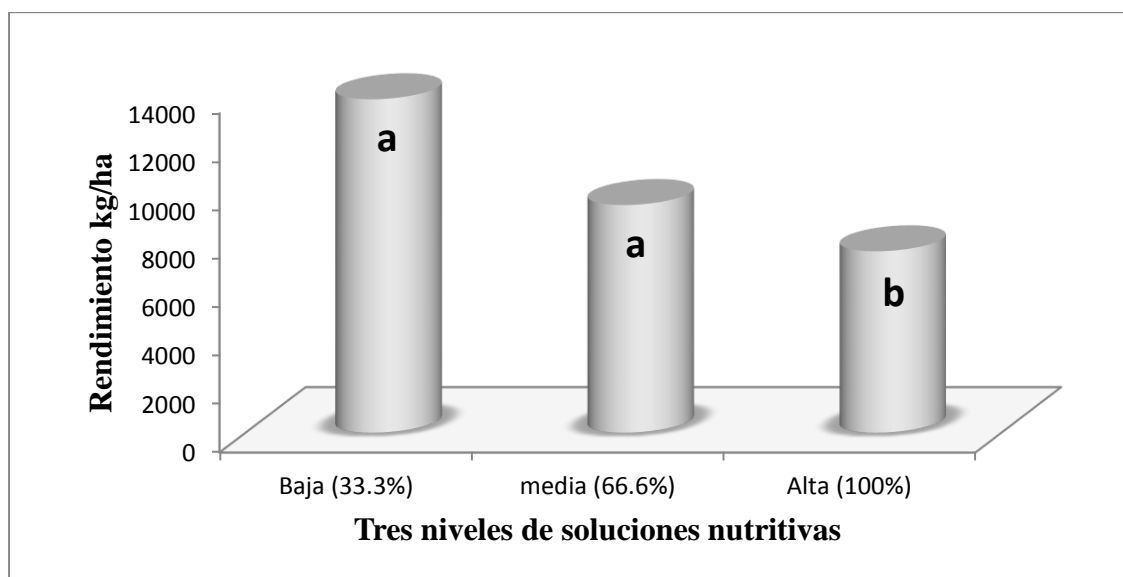


Gráfico 12. Rendimiento en (kg/ha), según la dosis de la solución nutritiva

Gráfico 12 para rendimiento por hectárea la dosis del 33.3 % es la mejor comparada con la dosis del 100% en donde la diferencia entre las dos posee 6280.53 kg/ha. Que equivale a un 45.61%.

Esta variación en cuanto al rendimiento tiene que ver con el pH y la CE de las soluciones nutritivas presentándose para dosis del 33.3 %, un rendimiento de 13769.43 kg/ha el mismo que presenta un pH de 6.8 y una CE 1.3 dS/m a los 45 ddt, mientras que la dosis del 100.0%, el rendimiento es bajo de 7488.90 kg/ha el cual presenta un pH 8.9 y una CE de 2.4 dS/m.

DISCUSIÓN

La aplicación de las diferentes soluciones nutritivas influyeron en el rendimiento de la lechuga crispera, el nivel bajo que comprende la dosis del 33.3% N:0.06, P:0.02, K:0.0094, Ca:0.117, Mg:0.0077, S:0.01, Cu:0.0003, Fe:0.0004, Mn:0.0003, Zn:0.0003, B:0.0003 kg/m³, se obtuvo un rendimiento de 1.65 kg/parcela neta y proyectándolo a hectárea da a 13769.43 kg/ ha; la dosis del 66.6% conformada de N:0.12, P:0.03, K:0.0794, Ca:0.117, Mg:0.01538, S:0.02, Cu:0.0006, Fe:0.0008, Mn:0.0006, Zn:0.0006, B:0.0006 kg/m³, se obtuvo un rendimiento de 1.13 kg/pn y proyectándolo a hectárea da a 9400.00 kg/ha, la dosis del 100% compuesta de N:0.18, P:0.04, K:0.149, Ca:0.1496,

Mg:0.02308, S:0.03, Cu:0.0009, Fe:0.0012, Mn:0.0009, Zn:0.0009, B:0.0009 kg/m³., se obtuvo un rendimiento de 0.90 kg/pn y proyectándolo a hectárea es de 7488.90 kg/ha.

La producción de lechuga a campo abierto según Solagro (2014) citado por (López, 2017), en el Ecuador hay 1 145 ha de lechuga con un rendimiento promedio de 7 928 kg/ha, según el Ministerio de Agricultura. Mientras que cultivando en un sistema hidropónico según Alvarado et al., (2001) los rendimientos por unidad de área son altos, por la mayor densidad y la elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas al año.

Existe una diferencia en rendimiento por hectárea en suelo y en hidroponía como los autores citados anteriormente mencionan un promedio de 7 928 kg/ha, mientras que en hidroponía este se incrementa a 13 769.90 kg/ha para dosis del 33.3%, mientras que para dosis del 100.0% fue de 7 488.90 kg/ha esta variación puede deberse por el incremento de la concentración de nutrientes en cada tratamiento por lo cual la CE y pH se elevó de 5.9 a 6.8 para el nivel bajo y 5.9 a 8.9 para el nivel alto, mientras que en la conductividad eléctrica vario de 1.4 a 1.3 dS/m para el nivel bajo y 1.4 a 2.4 dS/m para el nivel alto

Concuerda con Van der Boon *et al.* (1988) citado por Gutierrez, (2011) al estudiar dos ciclos de producción de lechuga, encontraron que al aumentar la conductividad eléctrica de 1.27 a 3.1 dS/m, el rendimiento de lechuga disminuyó. Según (Urrestarazu, 2015), Se debe prestar especial atención al uso de los fertilizantes, donde aumentar la dosis del mismo no va correspondida con un aumento de producción (zona de consumo de lujo), incluso podemos llegar a la zona de toxicidad del mismo, es evidente que hay que relacionar el uso de los fertilizantes hasta niveles adecuados, y no excesivos, aunque no se llegue a entrar en los niveles tóxicos.

G. RELACIÓN BENEFICIO / COSTO

Cuadro 25. Relación beneficio/costo de las tres soluciones nutritivas

DOSIS %	NIVELES	INGRESO TOTAL	COSTO TOTAL	BENEFICIO/COSTO
100.0	ALTA	27342.00	14724.11	1.86
66.6	MEDIA	31248.00	13522.75	2.31
33.3	BAJA	35154.00	10653.97	3.30

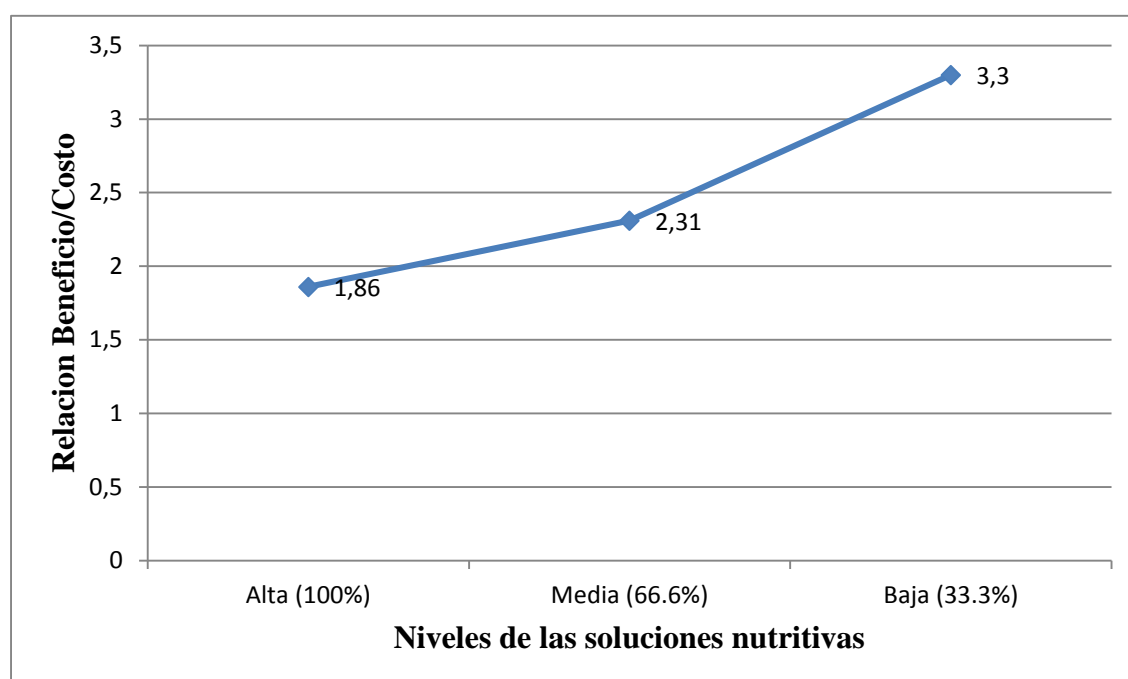


Gráfico 13. Relación beneficio/costo de las tres soluciones nutritivas.

Cuadro 26. Rentabilidad de las tres soluciones nutritivas

DOSIS %	NIVELES	RENTABILIDAD
100.0	ALTA	86.0
66.6	MEDIA	131.0
33.3	BAJA	230.0

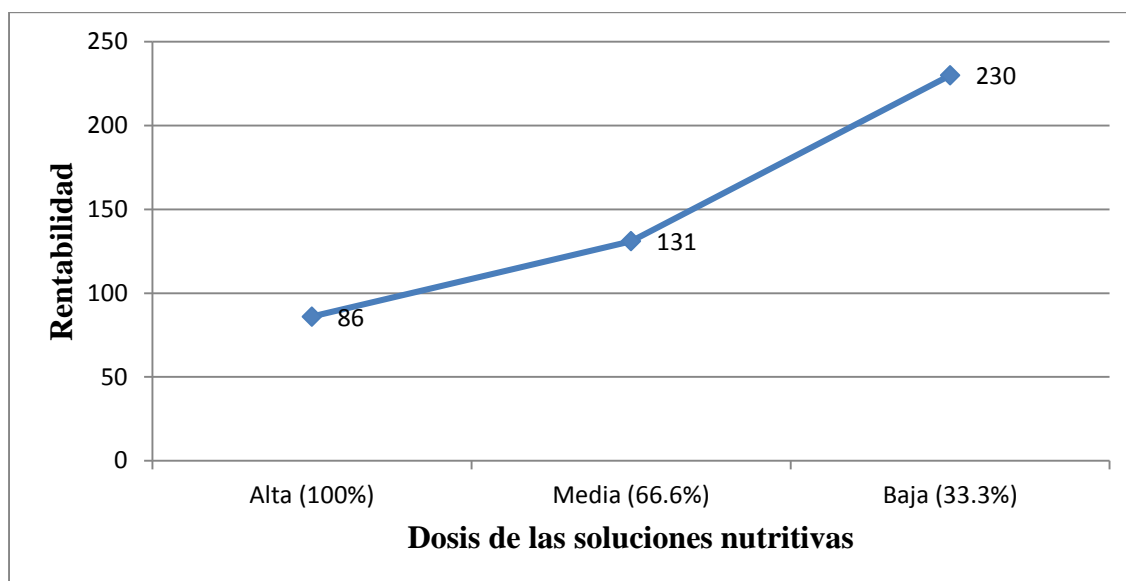


Gráfico 14. Rentabilidad de las tres soluciones nutritivas.

Según el análisis de beneficio costo gráfico 14, con la aplicación del 33.3 % que corresponde a la dosis baja de la solución nutritiva se logró una mayor rentabilidad con un 230 % lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene 2,30 dólares de ganancia; mientras que la aplicación del 100 % que corresponde a la dosis alta presentó menor rentabilidad lo que indica que por cada dólar invertido se obtendrá de ganancia 0.86 dólares.

VI. CONCLUSIONES

- A. Con la aportación de N:36, P:12, K:54.4, Ca:70.2, Mg 4.62, S: 6, Cu:0.18, Fe:0.24, Mn:0.18, Zn:0.18, B:0.18 kg/ha que corresponde al nivel bajo de la solución nutritiva (33.3%) en la investigación se alcanzó los mejores promedios en crecimiento radicular, altura de la planta, número de hojas y rendimiento superando al nivel alto (100%) en valores que va desde 17.81 % - 45 % de la solución nutritiva. Estadísticamente no hubo variación a días a la cosecha.
- B. Económicamente la dosis que comprende el 33.3%, alcanzó el 3.3 que equivale a que por cada dólar invertido se obtiene 2.30 dólares de ganancia presentándose con la mayor relación beneficio costo, que supera a la dosis del 66.6% y 100.0%.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Utilizar la solución nutritiva, constituida por el 33.3% de la recomendación nutricional la cual presentó los mejores rendimientos en la investigación, la misma que se encuentra compuesta de N: 36, P:12, K:54.4, Ca:70.2, Mg 4.62, S: 6, Cu:0.18, Fe:0.24, Mn:0.18, Zn:0.18, B:0.18 kg/ha.
- B. Probar diferentes dosis de Potasio y Calcio para mejorar la turgencia de las hojas en el cultivo de la lechuga crispera.
- C. Realizar ensayos con otras variedades de lechuga crispera como la Dancing, Romana, Seda, Green salad bowl, Macdonal con la solución nutritiva recomendada.
- D. Realizar ensayos midiendo parámetros como la oxigenación y frecuencia de riego.
- E. Promover este sistema de cultivo hidropónico a zonas donde existan serios problemas de enfermedades en el suelo, o donde posean poca disponibilidad del agua, ya que con este sistema trata de optimizar el recurso agua y de disminuir los problemas fitosanitarios.

VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crispa, en invernadero, departamento de Horticultura, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo; se utilizó un DBCA diseño de bloques completamente al azar, con 3 dosis y 3 repeticiones. Se evaluó parámetros como: prendimiento, longitud radicular, altura de la planta, número de hojas, días a la cosecha, rendimiento por parcela neta y por hectárea de cada solución nutritiva, además se realizó el análisis económico con la relación beneficio costo. Los mejores resultados en cuanto a longitud radicular, altura de las plantas y número de hojas se obtuvo con la solución nutritiva del 33.3% la misma que está compuesta de N:36, P:12, K:54.4, Ca:70.2, Mg 4.62, S: 6, Cu:0.18, Fe:0.24, Mn:0.18, Zn:0.18, B:0.18 kg/ha, mientras que la dosis del 66.6% N:72, P:18, K:47.64, Ca:70.2, Mg 9.24, S: 12, Cu:0.36, Fe:0.48, Mn:0.36, Zn:0.36, B:0.36 kg/ha y la dosis del 100% , N:180, P:24, K:89.4, Ca:89.76, Mg:13.85, S:18, Cu:0.54, Fe:0.72, Mn:0.54, Zn:0.54, B: 0.54 kg/ha, los resultados fueron inferiores. El valor de kg/ha en cuanto al elemento calcio es igual en la dosis del 33.3 y 66.6 % debido a que en el agua existía una cantidad considerable de este elemento. El mejor rendimiento tubo la dosis del 33.3% con 13769.43 kg/ ha, a la vez fue el menos costoso con 267 061.65 USD amortizado para 10 años de la vida útil de la estructura y tomando en cuenta la producción por año da a 9811.08 USD pero a la vez nos presentó la mejor rentabilidad con 230 %, y con un benefició costo (B/C) de 3.30. Se recomienda la utilización de la dosis que comprende el nivel bajo el cual permitió obtener el mayor rendimiento.

Palabras claves: SOLUCIÓN NUTRITIVA – HIDROPONÍA – CULTIVOS DE INVERNADERO



IX. SUMMARY

The present research proposes to evaluate three nutritious solutions in hydroponics in lettuce crop (*Lactuca sativa L.*) var. Crispa, in the greenhouse, Department of Horticulture, Riobamba canton, Chimborazo province. It was used a block design completely at random (BDCR), with 3 doses and 3 repetitions. Some parameters were evaluated such as: yield, root length, height of the plant, number of leaves, days to harvest, yield per net parcel and per hectare of each nutrient solution, in addition the economic analysis was carried out with the benefit-cost ratio. The best results in terms of root length, height of the plants and number of leaves were obtained with the 33.3% nutrient solution which is composed of N: 36, P: 12, K: 54.4, Ca: 70.2, Mg 4.62 , S: 6, Cu: 0.18, Fe: 0.24, Mn: 0.18, Zn: 0.18, B: 0.18 kg/ha, while the dose of 66.6% N: 72, P: 18, K: 47.64, Ca: 70.2, Mg 9.24, S: 12, Cu:0.36, Fe: 0.48, Mn: 0.36, Zn: 0.36, B: 0.36 kg/ha and the dose of 100% N:180, P: 24, K: 89.4, Ca: 89.76, Mg:13.85, S: 18, Cu: 0.54, Fe: 0.72, Mn: 0.54, Zn: 0.54, B: 0.54, kg/ha, the results were lower. The value of kg/ha in the calcium element is equal in the dose of 33.3 and 66.6% because in the water there was a considerable amount of this element. The best performance had the dose of 33.3% with 13769.43 kg/ha, at the same time was the least expensive with 267 061.65 USD amortized for 10 years of the useful life of the structure and taking into account the production per year gives to 9811.08 USD but at the same the time it presented the best profitability with 230%, and with a cost benefit (B/C) of 3.30. It is recommended the use of the dose that comprises the low level which one allowed to obtain the highest yield.

Keywords: NUTRITIVE SOLUTION - HYDROPONICS - GREENHOUSE CROPS.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, D., Chávez, F., & Anna, K. (2001). *Seminario de Agro Negocios lechugas hidropónicas* (p. 96). Universidad del Pacífico. Recuperado 31 de Marzo de 2017, a partir de http://www.academia.edu/8258191/www.upbusiness.net_Seminario_de_Agro_Negocios_Lechugas_hidrop%C3%B3nicas_PROFESOR
2. Antillón, L. A. (2004). *Hidroponía*. Costa Rica: Tecnológica de CR. Recuperado 4 de Abril 2017, a partir de https://books.google.com.ec/books?id=xvuGzvNxR9UC&printsec=frontcover&dq=hidroponia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj3-ahj_3SAhVD2SYKHxO3DFEQ6AEIGDAA#v=onepage&q=hidroponia&f=true
3. Arcos, B., Benavides, O., & Rodriguez, M. (2011). *Evaluación de dos sustratos y dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (Lactuca sativa L)*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, XXVIII, 14. Nariño - Colombia.
4. Arcos, F. (2013). *Fertilizantes y nutrición vegetal*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
5. Barrios, N. (2004). *Evaluación del cultivo de la lechuga, (Lactuca sativa L). Bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Scatepéquez, Guatemala*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. San Juan Sacatepéquez. Recuperado 12 de Abril 2017, a partir de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf
6. Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (s. f.). *Cultivo en hidroponía*. Argentina: Universidad de la Plata.

7. Berrrios, M. (2016). *Dinámica del crecimiento radicular en pimiento*. Recuperado 6 de agosto de 2017, a partir de <http://www.horticultivos.com/4292/dinamica-del-crecimiento-radicular-en-pimiento/>
8. Cajo, A. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas*. Recuperado 24 Mayo 2017, a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23421>
9. Cámara de Comercio Bogotá. (2015). *Lechuga*. Recuperado 20 de junio de 2017, a partir de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TixKiHSVTG8J:https://www.ccb.org.co/content/download/13923/176629/file/Lechuga.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&client=firefox-b-ab>
10. Colegio Cristiano los Héroes. (s. f.). *Método raíz flotante - PHI Chile*. Recuperado 1 de abril de 2017, a partir de <https://huertohidronicocch.jimdo.com/m%C3%A9todo-ra%C3%ADz-flotante/>
11. Córdova, R. (2005). *Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región*. (Tesis de grado) Universidad Austral de Chile. Recuperado 28 Mayo 2017, a partir de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fac796e/doc/fac796e.pdf>
12. Brechner, M., Both, A., Staff, C. (s. f.). *Hydroponic Lettuce Handbook*. Recuperado 15 de Junio 2017 a partir de <http://www.cornellcea.com/attachments/Cornell%20CEA%20Lettuce%20Handbook%20.pdf>
13. Cruz, A. (2016). *Evaluación de tres variedades del cultivo de lechuga (lactuca sativa l.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el centro experimental chocloca*. *Revista Ventana Científica* -. Recuperado 26 de marzo de

- 2017, a partir de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2305-60102016000200005&script=sci_arttext&tlng=es
14. Cultivos orgánicos o hidropónicos (2015). Jardines verticales huichol. Recuperado 30 de marzo de 2017, a partir de <http://www.huichol.com.mx/cultivos-organicos-o-hidroponicos/>
 15. Favela, E., Preciado, P., & Benavides, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado 22 Abril 2017, a partir de http://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf
 16. García, G., Luis, J., Mendoza, R., Nieves, M., Sánchez García, P., Acuña, G., & Araceli, E. (2009). *Relación amonio / nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía*. *Agricultura técnica en México*, 35(1), 5-11.
 17. Gilsanz, J. C. (2007). *Hidroponía (Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología)*. Montevideo-Uruguay: C2007. INIA. Recuperado 28 de Junio 2017 a partir de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>
 18. Gutierrez, J. (2011). *Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva*. Universidad Autónoma Chapingo - México. Recuperado 13 de Mayo 2017, a partir de <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2011120908126441.pdf>
 19. Hydro-Environnment. (s. f.). *Guía: técnicas hidropónicas : Hydro Environment Hidroponia en Mexico*. Recuperado 27 de marzo de 2017, a partir de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=30

20. Ibáñez, J. J. (2007). *pH del suelo y nutrición vegetal. Un Universo invisible bajo nuestros pies*. Recuperado 12 de junio de 2017, a partir de
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/10/63196>
21. Infoagro. (s.f.). *El cultivo de la lechuga*. Recuperado 28 de febrero de 2017, a partir de
<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
22. Jaramillo, J., Aguilar, P., Tamayo, P., Arguello, E., Guzmán, M., & Corpoica. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño*. Medellín - Colombia: Fotomontajes S.A.S. Recuperado 4 de Julio 2017, a partir de
<http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20LECHUGA.pdf>
23. Lacarra, Á., & García, C. (2011). *Validación de cinco sistemas hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero*. (Tesis de grado). Universidad Veracruzana. México. Recuperado 12 de Agosto 2017, a partir de
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31317/1/angelrenelacarragarcia.pdf>
24. León, M. (2015). *Respuesta de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. Crispa) y remolacha (*Beta vulgaris* L. Var. conditiva) a la aplicación al suelo del consorcio de microalgas (*Chlorella* sp.) y (*Scenedesmus* sp.)*. (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. Quito. Recuperado 15 de Abril 2017, a partir de
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6757/1/T-UCE-0004-21.pdf>
25. López, H. (2017). *Aplicación de mulch, *Bacillus* sp. y *Trichoderma* spp. para el control de mildiu vellosa (*Bremia lactucae*) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Recuperado 20 de Agosto 2017, a partir de

- <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25021/1/Tesis-150 Ingeniería Agronómica -CD 464.pdf>
26. Mata, C. (2015). *Prueba de tres fuentes de n  geno orgánico con diferentes niveles de aportación en el rendimiento de lechuga Crespa (Lactuca sativa L. Var. crispa)*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo)). Escuela Superior Polit  cnica de Chimborazo. Riobamba. Recuperado 21 de Mayo 2017, a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4261/1/13T0805%20pdf>.
27. Meléndez, G., & Molina, E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones*. Costa Rica. Recuperado 13 de Agosto 2017 a partir de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci  n%20Foliar.pdf>
28. Mend  z, T., & Briones, W. (2007). *Producción de lechuga hidropónica para la exportación al mercado alemán*. Escuela Superior Polit  cnica del Litoral. Guayaquil - Ecuador. Recuperado 22 de Abril 2017, a partir de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3621/1/6148.pdf>
29. MC, R (2013). *Requerimientos para un cultivo hidropónico / Agroterra Blog*. Recuperado 30 de marzo de 2017, a partir de <http://www.agroterra.com/blog/descubrir/requerimientos-para-un-cultivo-hidroponico/77945/>
30. Montesdeoca, N. (2009). *Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (lactuca sativa variedad crispa), para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008*. (Tesis e grado) Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado 15 de Abril 2017, a partir de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5182>
31. Morgan, L. (2001). *   Se est  n sofocando sus plantas?* Recuperado 27 de marzo de 2017, a partir de <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin11.htm>

32. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1999). *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Recuperado 25 de Junio 2017, a partir de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/gepnms.pdf>
33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, & Instituto Nacional del niño y la familia. (2002). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos en invernadero*. Recuperado 11 de Abril 2017 a partir de <http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2002/mip.pdf>
34. Oasis Easy Plant (s. f.). Manual de hidroponía,
Recuperado 20 de Agosto 2017, a partir de http://www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia_Media.pdf
35. Parra-Terraza, S., Salas-Núñez, E., Villarreal-Romero, M., Hernández-Verdugo, S., & Sánchez-Peña, P. (2010). *Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. Revista Chapingo. Serie horticultura, 16(1), 37-47.*
36. Perea, E., Ojeda, D., Hernández, A., Ruiz, T., & Martínez, J. (2010). *Utilización de quelatos en la agricultura, 5. México - México.*
37. Rodríguez, A., Chang, M., Hoyos, M., & Falcón, F. (2004). *Manual Práctico de Hidroponía* (4ª ed.). Univeridad Nacional Agraria la Molina: Mekanobooks E.I.R.L.
38. *Plan nacional del buen vivir*. (2013). Políticas y lineamientos estrategicos. Quito-Ecuador. Recuperado 5 de Abril 2017, a partir de <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>
39. Servicio Insular Agrario. (2012). *Lechuga*. Recuperado el 10 de junio del 2017, a partir http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/02Productos/documentos/ficha_tecnica_del_cultivo_de_lechuga.pdf

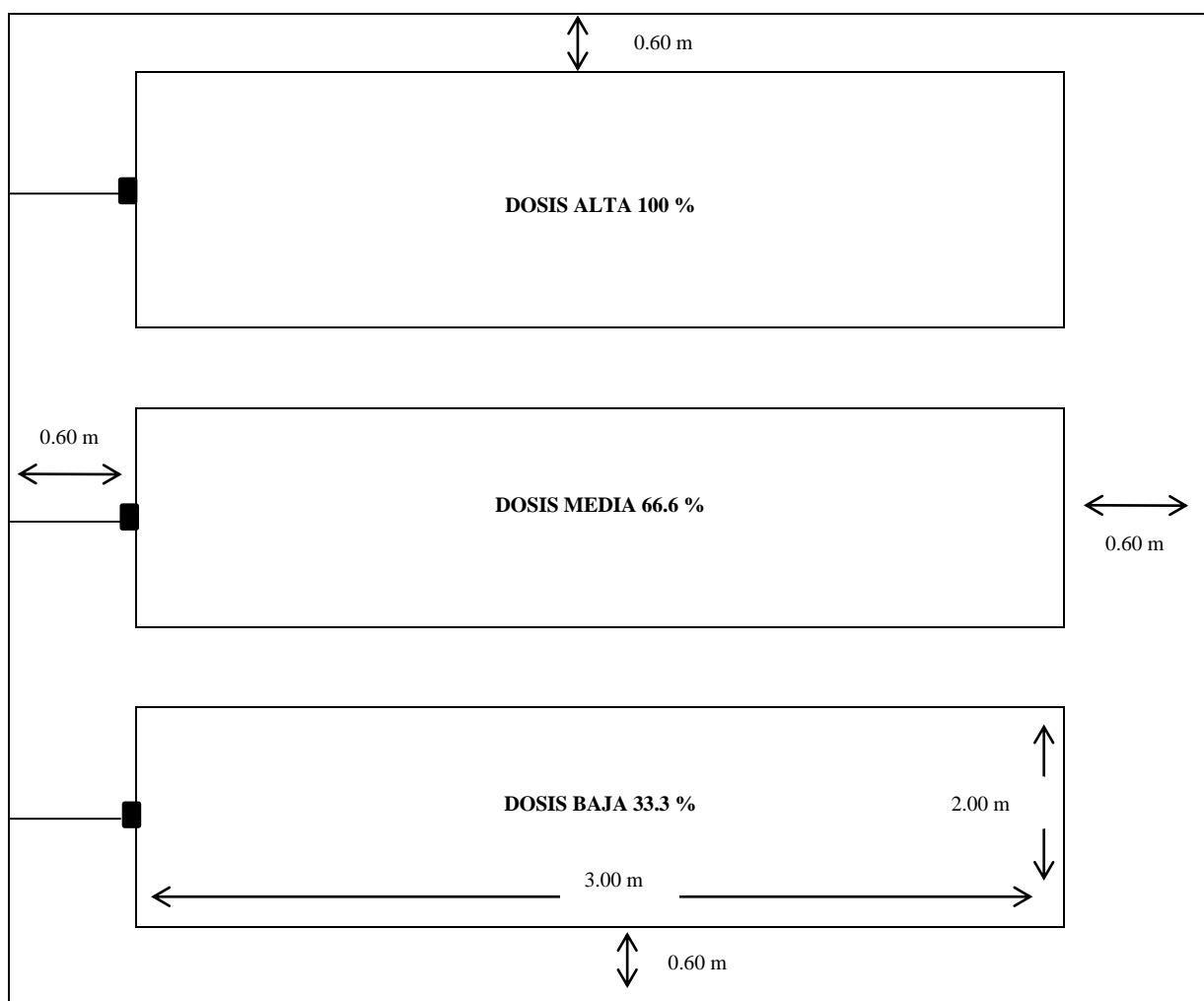
40. Silva, G. C., & Briones, C. S. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Chile: Mundi-Prensa.
41. Soliz Ochoa, J. (2014). *Cultivos hidropónicos ante la falta de suelo*. Recuperado 20 de junio de 2017, a partir de <http://www.elmercurio.com.ec/439409-cultivos-hidroponicos-ante-la-falta-de-suelo/>
42. Soluciones nutritivas - soluciones_nutritivas.pdf. (s. f.). Recuperado 15 de Abril 2017, a partir de http://www.horticom.com/tematicas/cultivosinsuelo/pdf/soluciones_nutritivas.pdf
43. Urrestarazu, M. (2015). *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*. Madrid - España: Mundi Prensa). 44.
44. Vallejo, F. A., & Estrada, E. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido* (Imágenes Gráficas S.A). Cali: Univ. Nacional de Colombia. Recuperado 16 de Agosto 2017, a partir de <https://books.google.es/books?id=UpyfvNokkroC&pg=PA315&dq=cultivo+de+lechuga&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihrpK63fnSAhUB7SYKHVbrBJwQ6AEIGTAA#v=onepage&q=cultivo%20de%20lechuga&f=true>

XI. ANEXOS

Anexo1: Ubicación del ensayo



Anexo 2. Esquema del ensayo y fotografía



Anexo 3. Análisis de agua



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Darwin Lema
Remitente:
Ubicación:

Horticultura
Nombre de la granja

Licán
Parroquia

Riobamba
Cantón

Fecha de ingreso: 14/03/2017
Fecha de salida: 24/03/2017
Chimborazo
Provincia

INVESTIGACIÓN "EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS E HIDROPONÍA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. Crispa, EN INVERNADERO, DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS QUIMICO DE AGUA

Ident.	pH	Cond. Eléct.	K	Ca	Mg
AGUA RIEGO	7.82 L.Alc.	1081 No salino	60.6	117.45	186.95

CODIGO		
Ac: Acido	A: alto	
N: Neutro	M: medio	
L. Alc. Ligemente alcalino	B: bajo	

Ing. Franklin Arcos T.
JEFE LAB. DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 10, Riobamba, Provincia de Chimborazo, Ecuador.
"Apoyando a la producción sana, rentable y sostenible con la naturaleza"



Ing. Elizabeth Pachacama
TECNICO DE LABORATORIO

Elizabeth Pachacama

Tlfono 2998220 Extensión 418

Anexo 4. pH de las soluciones nutritivas durante el ensayo

DOSIS %	NIVELES	Días pH			
		0	15	30	45
33.3	BAJA	5.9	6.2	6.6	6.8
66.6	MEDIA	5.9	7.0	7.5	8.5
100.0	ALTA	5.9	7.9	8.7	8.9

Anexo 5. Conductividad eléctrica (CE) de las soluciones nutritivas durante el ensayo

DOSIS %	DOSIS	Días CE dS/m			
		0	15	30	45
33.3	BAJA	1.4	1.4	1.5	1.3
66.6	MEDIA	1.4	1.8	2.0	2.2
100.0	ALTA	1.4	2.1	2.4	2.4

Anexo 6. Porcentaje de prendimiento a los 5 días después del trasplante.

PRENDIMIENTO A LOS 5 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	100	100	100	
66.6	MEDIA	100	100	100	
100	ALTA	100	100	100	

Anexo 7. Porcentaje de prendimiento a los 10 días después del trasplante.

PRENDIMIENTO A LOS 10 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	100	100	100	
66.6	MEDIA	100	100	100	
100	ALTA	100	100	100	

Anexo 8. Longitud de raíz a los 15 días después del trasplante

LONGITUD DE RAÍZ (cm) 15 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	16.8	19.1	17.2	17.7
66.6	MEDIA	18.6	19.7	17.3	18.53
100	ALTA	15.4	15.3	14.8	15.17

Anexo 9. Longitud de raíz a los 30 días después del trasplante

LONGITUD DE RAÍZ (cm) 30 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	33.9	27	26	28.97
66.6	MEDIA	27.9	28.5	23.6	26.67
100	ALTA	19.9	18.8	19	19.23

Anexo 10. Longitud de raíz a los 45 días después del trasplante

LONGITUD DE RAÍZ (cm) 45 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	39	31.1	30.8	33.63
66.6	MEDIA	33.4	35.5	31.7	33.53
100	ALTA	25.3	23.2	23.5	24

Anexo 11. Altura de las planta a los 15 días después del trasplante

ALTURA (cm) 15 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	6.6	7	7.7	7.1
66.6	MEDIA	6.5	6.1	5.8	6.13
100	ALTA	6.8	7	7	6.93

Anexo 12. Altura de las planta a los 30 días después del trasplante

ALTURA (cm) 30 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	12.9	13.8	13.7	13.47
66.6	MEDIA	12	11.2	11.6	11.6
100	ALTA	11.2	10.5	11.5	11.07

Anexo 13. Altura de las plantas a los 45 días después del trasplante

ALTURA (cm) 45 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	14.9	16.5	16.4	15.93
66.6	MEDIA	15.3	15.7	16	15.67
100	ALTA	15.7	14.3	14.4	14.8

Anexo 14. Número de hojas de las planta a los 15 días después del trasplante

NUMERO DE HOJAS 15 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	11	12	12	11.67
66.6	MEDIA	11	10	11	10.67
100	ALTA	12	12	13	12.33

Anexo 15. Número de hojas de las planta a los 30 días después del trasplante

NUMERO DE HOJAS 30 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	19	21	20	20
66.6	MEDIA	18	16	17	17
100	ALTA	18	17	17	17.33

Anexo 16. Número de hojas de las planta a los 45 días después del trasplante

NUMERO DE HOJAS 45 DDT					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	27	27	27	27
66.6	MEDIA	22	22	23	22.33
100	ALTA	22	22	22	22

Anexo 17. Días a la cosecha

DÍAS A LA COSECHA		
DOSIS %	NIVELES	DÍAS
33.3	BAJA	45
66.6	MEDIA	45
100	ALTA	45

Anexo 18. Rendimiento por parcela neta

RENDIMIENTO kg /PARCELA NETA					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	1.48	1.69	1.79	1.65
66.6	MEDIA	0.99	1.19	1.2	1.13
100	ALTA	1.08	0.73	0.89	0.9

Anexo 19. Rendimiento por hectárea

RENDIMIENTO kg / HECTÁREA					
DOSIS %	NIVELES	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
33.3	BAJA	6181.25	7085.21	7478.6	13.77
66.6	MEDIA	4138.97	4996.89	5026.19	9.39
100	ALTA	4519.8	3038.31	3724.65	7.53

Anexo 20. Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 33.3% de la solución nutritiva.

<u>RUBRO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
<u>Materiales de construcción</u>				
Varilla 14 mm	qq	603.26	40.50	24432.03
<u>Tubería</u>				
Tubos de 90 mm	m	4833.31	13.65	65974.68
Tubos de 50 mm	m	328.39	3.63	1192.06
Tubos de 40 mm	m	187.34	5.24	981.68
Tubos de 32 mm	m	118.63	4.56	540.95
<u>Tapones</u>				
Tapón 90 mm	mm	8736.00	3.10	27081.60
Tapón 40 mm	mm	868.00	0.43	373.24
Tapón 50 mm	mm	868.00	0.70	607.60
<u>Codos</u>				
Codo 50 mm	mm	868.00	0.60	520.80
Codo 40*45 mm	mm	868.00	0.83	720.44
Codos 32 mm	mm	868.00	0.96	833.28
<u>Y</u>				
Yee 50 mm	mm	868.00	0.85	737.80
<u>Tee</u>				
Tee 90 mm	mm	56.00	5.00	280.00
Tee 50 mm	mm	434.00	0.75	325.50
Tee 40 mm	mm	434.00	1.86	807.24
Tee 32 mm	mm	434.00	0.84	364.56
<u>Universales</u>				
Universales 32 mm	mm	1736.00	1.86	3228.96
<u>Válvulas</u>				
Válvulas 32 mm	mm	868.00	4.45	3862.60
<u>Mangueras</u>				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302.00	0.55	716.10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302.00	0.50	651.00
<u>Conectores</u>				
Conector inicial 16 mm	mm	8680.00	0.14	1215.20
Conectores 12 mm	mm	4340.00	0.25	1085.00
<u>Empaques</u>				
Empaques 12 mm	mm	17360.00	0.15	2604.00
Buje 40*32 mm	mm	768.00	0.25	192.00
Pega (705 PVC)	L	70.00	14.10	987.00
<u>Adaptadores</u>				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4.00	1.44	5.76

Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8.00	0.81	6.48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4.00	1.89	7.56
Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4.00	20.00	80.00
Filtro de retención NPT	3"	4.00	2.72	10.88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4.00	1000.00	4000.00
Materiales del Timer				
Timer	#	1.00	200.00	200.00
Rele	#	1.00	10.00	10.00
Contactor	#	1.00	30.00	30.00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1.00	11.49	11.49
Breaker	#	2.00	4.21	8.42
Palancas	#	4.00	3.00	12.00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3.00	33.00	99.00
Reservorio geomenbrana	m	300.00	3.00	900.00
Invernadero	m	10000.00	8.00	80000.00
Cable solido N° 10	m	250.00	0.60	150.00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733.00	20.00	34660.00
TOTAL				260506.91
Amortización (10 años)				3256.34
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	gl	10.50	50.00	525.00
Ácido cítrico	kg	324.00	2.50	810.00
Agro nutri K plus	L	1.69	14.96	25.32
10-52-10 + micros	kg	22.41	8.15	182.64
Master Ferro	kg	1.52	8.50	12.95
Kelatex- Mn	kg	0.73	12.87	9.40
Kelatex- Zn	kg	0.84	12.87	10.84
Kelatex- Cu	kg	0.84	13.90	11.71
Cosmocel- Boro	kg	0.83	12.00	9.96
Sulfato de Magnesio	kg	19.73	0.70	13.81
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	86800.00	0.0080	694.40
Mano de obra Manejo Cultivo	Jornal	300.00	13.5	4050.00
(Cosecha) Fundas transparentes	#	868.00	1.2	1041.60
SUMA				7397.64

Anexo 21. Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 66.6% de la solución nutritiva

<u>RUBRO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
<u>Materiales de construcción</u>				
Varilla 14 mm	qq	603.26	40.50	24432.03
<u>Tubería</u>				
Tubos de 90 mm	m	4833.31	13.65	65974.68
Tubos de 50 mm	m	328.39	3.63	1192.06
Tubos de 40 mm	m	187.34	5.24	981.68
Tubos de 32 mm	m	118.63	4.56	540.95
<u>Tapones</u>				
Tapón 90 mm	mm	8736.00	3.10	27081.60
Tapón 40 mm	mm	868.00	0.43	373.24
Tapón 50 mm	mm	868.00	0.70	607.60
<u>Codos</u>				
Codo 50 mm	mm	868.00	0.60	520.80
Codo 40*45 mm	mm	868.00	0.83	720.44
Codos 32 mm	mm	868.00	0.96	833.28
<u>Y</u>				
Yee 50 mm	mm	868.00	0.85	737.80
<u>Tee</u>				
Tee 90 mm	mm	56.00	5.00	280.00
Tee 50 mm	mm	434.00	0.75	325.50
Tee 40 mm	mm	434.00	1.86	807.24
Tee 32 mm	mm	434.00	0.84	364.56
<u>Universales</u>				
Universales 32 mm	mm	1736.00	1.86	3228.96
<u>Válvulas</u>				
Válvulas 32 mm	mm	868.00	4.45	3862.60
<u>Mangueras</u>				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302.00	0.55	716.10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302.00	0.50	651.00
<u>Conectores</u>				
Conector inicial 16 mm	mm	8680.00	0.14	1215.20
Conectores 12 mm	mm	4340.00	0.25	1085.00
<u>Empaques</u>				
Empaques 12 mm	mm	17360.00	0.15	2604.00
Buje 40*32 mm	mm	768.00	0.25	192.00
Pega (705 PVC)	L	70.00	14.10	987.00
<u>Adaptadores</u>				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4.00	1.44	5.76

Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8.00	0.81	6.48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4.00	1.89	7.56
Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4.00	20.00	80.00
Filtro de retención NPT	3"	4.00	2.72	10.88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4.00	1000.00	4000.00
Materiales del Timer				
Timer	#	1.00	200.00	200.00
Rele	#	1.00	10.00	10.00
Contactor	#	1.00	30.00	30.00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1.00	11.49	11.49
Breaker	#	2.00	4.21	8.42
Palancas	#	4.00	3.00	12.00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3.00	33.00	99.00
Reservorio geomenbrana	m	300.00	3.00	900.00
Invernadero	m	10000.00	8.00	80000.00
Cable solido N° 10	m	250.00	0.60	150.00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733.00	20.00	34660.00
TOTAL				260506.91
Amortización (10 años)				3256.34
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	gl	21.90	50.00	1094.90
Ácido cítrico	kg	256.00	2.50	640.00
Agro nutri K plus	L	54.07	14.96	808.96
10-52-10 + micros	kg	33.63	8.15	274.12
Master Ferro	kg	3.14	8.50	26.69
Kelatex- Mn	kg	1.52	12.87	19.60
Kelatex- Zn	kg	1.69	12.87	21.77
Kelatex- Cu	kg	1.69	13.90	23.51
Cosmocel- Boro	kg	1.67	12.00	20.07
Sulfato de Magnesio	kg	39.46	39.30	1550.80
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	86800.00	0.01	694.40
Mano de Obra manejo cultivo	Jornal	300.00	13.50	4050.00
(Cosecha) Fundas transparentes	#	868.00	1.20	1041.60
SUMA				10266.41

Anexo 22. Costo de producción por hectárea de lechuga crispera con la dosis del 100 % de la solución nutritiva.

<u>RUBRO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
<u>Materiales de construcción</u>				
Varilla 14 mm	qq	603.26	40.50	24432.03
<u>Tubería</u>				
Tubos de 90 mm	m	4833.31	13.65	65974.68
Tubos de 50 mm	m	328.39	3.63	1192.06
Tubos de 40 mm	m	187.34	5.24	981.68
Tubos de 32 mm	m	118.63	4.56	540.95
<u>Tapones</u>				
Tapón 90 mm	mm	8736.00	3.10	27081.60
Tapón 40 mm	mm	868.00	0.43	373.24
Tapón 50 mm	mm	868.00	0.70	607.60
<u>Codos</u>				
Codo 50 mm	mm	868.00	0.60	520.80
Codo 40*45 mm	mm	868.00	0.83	720.44
Codos 32 mm	mm	868.00	0.96	833.28
<u>Y</u>				
Y 50 mm	mm	868.00	0.85	737.80
<u>Tee</u>				
Tee 90 mm	mm	56.00	5.00	280.00
Tee 50 mm	mm	434.00	0.75	325.50
Tee 40 mm	mm	434.00	1.86	807.24
Tee 32 mm	mm	434.00	0.84	364.56
<u>Universales</u>				
Universales 32 mm	mm	1736.00	1.86	3228.96
<u>Válvulas</u>				
Válvulas 32 mm	mm	868.00	4.45	3862.60
<u>Mangueras</u>				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302.00	0.55	716.10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302.00	0.50	651.00
<u>Conectores</u>				
Conector inicial 16 mm	mm	8680.00	0.14	1215.20
Conectores 12 mm	mm	4340.00	0.25	1085.00
<u>Empaques</u>				
Empaques 12 mm	mm	17360.00	0.15	2604.00
Buje 40*32 mm	mm	768.00	0.25	192.00
Pega (705 PVC)	L	70.00	14.10	987.00
<u>Adaptadores</u>				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4.00	1.44	5.76

Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8.00	0.81	6.48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4.00	1.89	7.56
Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4.00	20.00	80.00
Filtro de retención NPT	3"	4.00	2.72	10.88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4.00	1000.00	4000.00
Materiales del Timer				
Timer	#	1.00	200.00	200.00
Rele	#	1.00	10.00	10.00
Contactor	#	1.00	30.00	30.00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1.00	11.49	11.49
Breaker	#	2.00	4.21	8.42
Palancas	#	4.00	3.00	12.00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3.00	33.00	99.00
Reservorio geomenbrana	m	300.00	3.00	900.00
Invernadero	m	10000.00	8.00	80000.00
Cable solido N° 10	m	250.00	0.60	150.00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733.00	20.00	34660.00
TOTAL				260506.91
Amortización (10 años)				3256.34
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	gl	33.29	50.00	1664.50
Ácido cítrico	kg	192.00	2.50	480.00
Agronutri K plus	L	106.46	14.96	1592.59
10-52-10 + micros	kg	44.84	8.15	365.48
Master Ferro	kg	4.76	8.50	40.43
Kelatex- Mn	kg	2.32	12.87	29.80
Kelatex- Zn	kg	2.54	12.87	32.69
Kelatex- Cu	kg	2.54	13.90	35.31
Cosmocel- Boro	kg	2.52	12.00	30.18
Quelato de Calcio	kg	92.91	12.87	1195.76
Sulfato de Magnesio	kg	59.19	0.70	41.43
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	86800.00	0.01	868.00
Mano de Obra manejo cultivo	Jornal	300.00	13.50	4050.00
(Cosecha) Fundas transparentes	#	868.00	1.20	1041.60

SUMA	11467.77
-------------	----------

Anexo 23. Temperatura y humedad relativa durante el ensayo del mes de abril en invernadero.

FECHA	T °C	HR %
4-Apr	26	52
5-Apr	20	46
6-Apr	23	51
7-Apr	24	48
8-Apr	31	47
9-Apr	23	50
10-Apr	26	67
11-Apr	25	53
12-Apr	28	40
13-Apr	25	46
14-Apr	26	50
15-Apr	24	51
16-Apr	24	49
17-Apr	29	46
18-Apr	23	52
19-Apr	23	53
20-Apr	25	45
21-Apr	23	54
22-Apr	26	45
23-Apr	26	42
24-Apr	24	42
25-Apr	27	42
26-Apr	24	48
27-Apr	26	46
28-Apr	18	55
29-Apr	23	52
30-Apr	23	49
MEDIA	25	49

Anexo 24. Temperatura y humedad relativa durante el ensayo del mes de Mayo en invernadero.

FECHA	T °C	HR %
1-May	16	80
2-May	23	47
3-May	32	37
4-May	23	55
5-May	27	42
6-May	26	46
7-May	25	47
8-May	21	55
9-May	27	47
10-May	18	58
11-May	23	61
12-May	26	50
13-May	26	49
14-May	21	46
15-May	21	50
16-May	28	42
17-May	25	52
18-May	28	42
19-May	25	44
MEDIA	24.14	49.76